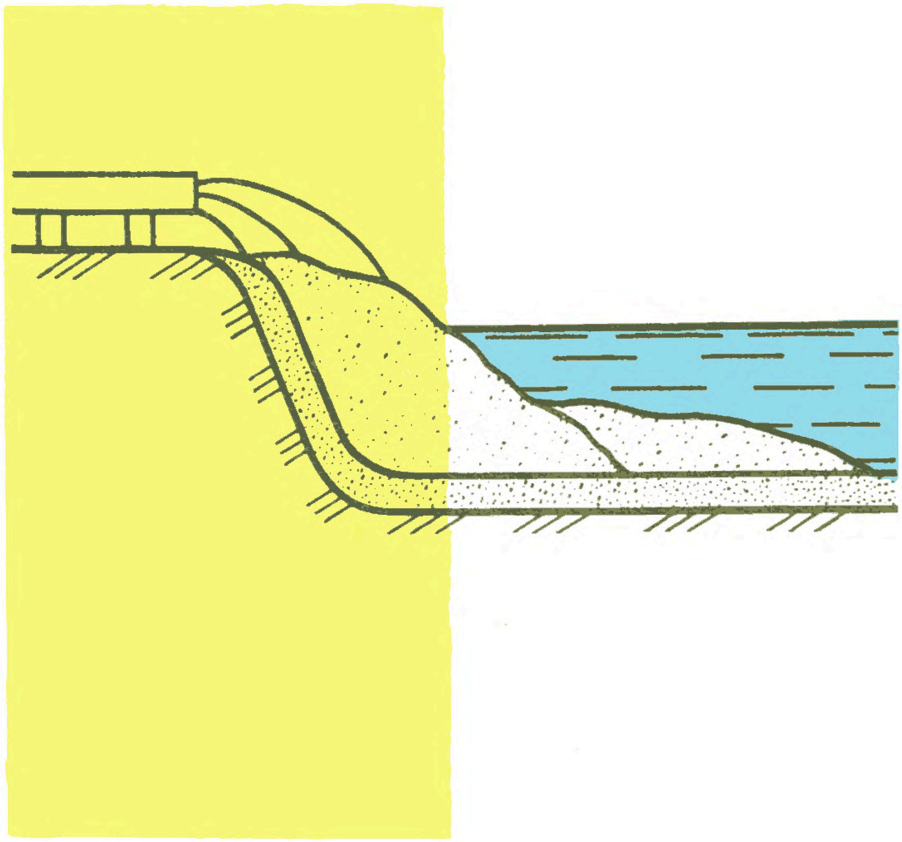


Методические рекомендации по экранированию хвостохранилищ горно-обогатительных комбинатов черной металлургии

Белгород 1987

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ СССР

Всесоюзный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт по осушению месторождений полезных ископаемых, специальным горным работам, рудничной геологии и маркшейдерскому делу

В И О Г Е М

УТВЕРЖДАЮ.
Директор института
_____И. Ф. Оксанич
30 декабря 1987 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭКРАНИРОВАНИЮ ХВОСТОХРАНИЛИЩ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ КОМБИНАТОВ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Белгород 1987

УДК 622.I7:622.7

Настоящие рекомендации разработаны лабораторией эксплуатации хвостохранилищ института ВИОГЕМ в соответствии с заданием зам.министра Минчермета СССР т.Антоненко Л.К. (письмо от 9.0I.86, № I4 ДП). В рекомендациях излагаются основные требования, предъявляемые к противофильтрационным экранам хвостохранилищ, конструктивные особенности и требования к производству работ, а также геофизические способы контроля качества грунтопленочных экранов.

Рекомендации составлены на основе обобщения отечественного опыта проектирования, строительства и эксплуатации хвостохранилищ, рассчитаны на инженерно-технических работников проектных институтов, строительных организаций и эксплуатационных служб хвостовых хозяйств отрасли.

Рекомендации составили к.т.н., доц. В.Г.Мельник (раздел I,2,4), м.н.с. Г.Г.Гончаров (раздел 2), н.с.Ф.Ф.Бородавко (раздел 3), к.г.-м.н. Ю.С.Погорелов (раздел 5), научные сотрудники М.И.Семушев, П.П.Засыпко, А.В.Умнов (раздел 5).

© Всесоюзный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт по осушению месторождений полезных ископаемых, специальным горным работам, рудничной геологии и маркшейдерскому делу (ВИОГЕМ), 1988.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Эксплуатация современных горно-обогатительных комбинатов выдвигает сложную проблему удаления и складирования отходов обогащения. Непрерывный рост объемов переработки бедных руд ведет к постоянному увеличению потребности в технической воде, вызывает необходимость строительства новых хвостохранилищ, увеличения их объемов, предназначенных для складирования отходов производства и получения оборотной воды. Опыт эксплуатации горно-обогатительных комбинатов Криворожского бассейна, КМА, Коршуновского ГОКа и ряда других предприятий отрасли показал*, что потери воды на фильтрацию из хвостохранилищ достигают 90-95% от общих объемов воды в технологическом цикле обогащения руд. Наряду с ухудшением условий водоснабжения предприятий происходит загрязнение подземных вод, подтопление прилегающих к хвостохранилищам территории. Опасность и масштабы загрязнения подземных вод стоками хвостохранилищ являются одной из причин, сдерживающих широкое внедрение флотационного способа обогащения железных руд.

Применяемые до настоящего времени способы инженерной защиты территорий в районе хвостохранилищ в виде систем открытых и закрытых дренажей или водопонижающих скважин не решают в полной мере поставленных задач, а в ряде случаев эти способы невозможно использовать, так как многие хвостохранилища размещены на территориях, малопригодных для сельского хозяйства: в балках, оврагах, поймах рек и других пониженных участках.

Как известно [I3] эффективными в данных условиях являются противофильтрационные экраны, надежно защищающие территории от подтопления и загрязнения, а также позволяющие снизить потери технической воды на фильтрацию. В литературе имеются отдельные сведения о возможности применения на хвостохранилищах экранов из глинистых грунтов, полимерных пленок, асфальтобетона и др. [I3]. Однако отсутствие нормативных документов по устройству противофильтрационных экранов на хвостохранилищах сдерживает их применение.

Задача настоящей работы состоит в обобщении имеющегося опыта и составлении методических рекомендаций по проектированию и строитель-

*Разработка рекомендаций по заполнению хвостохранилища Лебединского ГОКа. Отчет о НИР/ВИОГЕМ. № ГР 78004017, Инв. № Б847690. Белгород, 1980, с. 134.

ству экранов хвостохранилищ горно-обогатительных комбинатов металлургической промышленности.

Современные хвостохранилища горно-обогатительных комбинатов Минчермета СССР предназначены для длительного складирования отходов обогащения, до 20 и более лет, а отдельные - на весь период отработки месторождения, и представляют собой территории в десятки квадратных километров, ограниченные ограждающими дамбами или естественными склонами. Выполнить экран на таких огромных площадях - довольно сложная инженерная задача. Методические указания по проектированию и строительству противофильтрационных экранов хвостохранилищ горно-обогатительных комбинатов рекомендуют применять не только местные строительные материалы и полимерные пленки, но и качественно новый тип экрана из мелких фракций хвостов обогащения руд. Основные принципы сооружения таких экранов исследованы и разработаны в институте ВНИИГЕМ [29]. "Основы водного законодательства Союза ССР и союзных республик", повышенные требования к охране окружающей среды предусматривают полное запрещение сброса загрязненной воды. Рекомендуемый экран из отходов обогащения позволит практически без подготовки основания выполнить противофильтрационное устройство при любом рельефе местности, значительно снизить капитальные затраты на его строительство.

I. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫМ ЭКРАНАМ ХВОСТОХРАНИЛИЩА

I.I. Основные требования к противофильтрационным устройствам в гидротехническом строительстве и их конструкциям определены СНИП 2.06.05-84.

I.2. Хвостохранилища отличаются от гидротехнических сооружений энергетического назначения целым рядом особенностей, определяющих дополнительные требования к противофильтрационным экранам [2,8].

I.3. К экранам хвостохранилищ различных типов предъявляются следующие требования:

а) прочность и устойчивость;

б) возможность деформаций без нарушения сплошности;

в) водонепроницаемость;

г) водостойкость;

д) коррозионная стойкость;

е) биостойкость;

ж) долговечность;

з) простота конструкции;

и) минимальная трудоемкость, экономичность;

к) возможность контроля качества работ.

I.4. К факторам, от которых зависят результаты технико-экономического анализа и выбор материала, конструкции и технология возведения экранов, относятся:

а) рельеф чаши хвостохранилища:

б) геологическое строение ложа хранилища и гидрогеологические условия территории строительства,

в) климат района и природные факторы;

г) химический состав сбрасываемых в хранилище технологических и сточных вод,

д) режим эксплуатации, технология укладки хвостов и способ заполнения емкости хвостохранилища;

е) срок заполнения хвостохранилища, нагрузки на экран и гидростатический напор;

ж) наличие противофильтрационных материалов и местных глинистых грунтов.

I.5. Учитывая большое количество строительных материалов, используемых для противофильтрационных экранов, в настоящих рекомендациях не приводятся количественные показатели, устанавливаемые проектом в каждом отдельном случае с учетом конкретных условий для всех видов материалов.

I.6. Экраны по роду применяемых материалов для хвостохранилищ подразделяются на грунтовые, пленочные, грунтополимерные [3,4,9,I5, 24] .

I.7. По конструкции противофильтрационные экраны выполняются трех типов: однослойные, двухслойные и комбинированные.

I.8. Однослойный экран представляет собой непрерывный слой слабопроницаемого материала, закрытый сверху защитным слоем, в качестве которого используется местный грунт либо хвосты обогащения.

I.9. Двухслойные экраны состоят из двух непрерывных слабопроницаемых слоев. При хранении высокотоксичных веществ между слабопроницаемыми слоями экрана может устраиваться разделяющий их слой, выполняемый из песчано-гравелистого грунта с коэффициентом фильтрации не ниже 2 м/сут, служащий для перехвата и отвода профильтровавшейся через верхний водопроницаемый слой экрана загрязненной вредными веществами воды к насосной станции и снижения напора на второй слабопроницаемый слой.

I.IO. Комбинированные экраны могут состоять из одного слоя пленочного и одного слоя глинистого материала или одного слоя глинистого материала и двух слоев пленочного или асфальтового покрытия.

Сверху экран покрывается защитным слоем.

I.II. Однослойные экраны допускают незначительные потери технической воды на фильтрацию из хвостохранилищ, поэтому их применение на хвостохранилищах флотационного обогащения, содержащих токсичные воды, ограничено и рекомендуется только по результатам расчетов миграций загрязнений из хвостохранилищ.

I.I2. Двухслойные и комбинированные экраны при безусловном выполнении проектной технологии производства работ являются водонепроницаемыми и должны рекомендоваться для хвостохранилищ флотационного обогащения, содержащих высокотоксичные загрязняющие компоненты.

I.I3. В зависимости от рельефа местности и гидрогеологической обстановки в условиях большой мощности фильтрующей толщи в основании и значительной проницаемости грунтов необходимо укладывать под экраном дренаж, обеспечивающий необходимое снижение уровня грунтовых вод.

2. ЭКРАНЫ ИЗ ГЛИНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

2.I. Глинистые грунты (суглинки, глины), которые используются в качестве основного материала при сооружении противофильтрационного экрана, должны обладать после укладки и уплотнения низкими фильтрационными свойствами и высокой сорбционной способностью по отношению к токсичным компонентам.

2.2. По конструкции экраны из глинистых материалов могут быть однослойными, двухслойными (рис.2.I). Толщину однослойного экрана следует назначить по расчету исходя из допустимых градиентов напора и принимать равной не менее 0,5 м. В отдельных случаях при наличии надлежащего обоснования она может быть увеличена. Окончательная толщина экрана выбирается по результатам расчетов миграции загрязнений из хвостохранилищ, а также технико-экономических сопоставлений вариантов различных конструкций экранов [22,27].

2.3. Фильтрационный перенос растворов сопровождают физико-химические процессы, в результате которых изменяются свойства растворов и грунтов. При этом важную роль играют химическое взаимодействие и сорбционные процессы [I2,I4,I6,I7].

2.4. Диффузия компонентов раствора через экраны может происходить одновременно с фильтрацией и независимо от нее, причем плотность и влажность грунта в экране оказывают самое существенное влияние на скорость диффузионного переноса.

Определенное значение в эффективности работы экрана имеет осмос

проявление которого особенно зависит от влажности экрана и напора грунтовых вод в основании.

2.5. При химическом воздействии компонентов растворов с грунтами возможно возникновение следующих процессов:

а) образование нерастворимых соединений и уплотнение грунта;

б) переход солей грунтов в раствор и суффозионные процессы;

в) изменение механических свойств, дисперсности и структуры грунта;

г) изменение состава поглощенного комплекса.

Все эти процессы способны существенно изменить свойства грунтов в отношении их проницаемости.

2.6. Скорость миграции растворенных продуктов через экран выражается следующей зависимостью [5]:

$$V = f(Ф, Г, Д, О, Х, В, \tau)$$

где V - скорость миграции компонентов раствора в грунте экрана; $Ф$ - фактор, учитывающий скорость гравитационной фильтрации раствора через грунт; $Г$ - фактор, учитывающий влияние сорбционных процессов; $Д$ - диффузионная составляющая скорости миграции веществ; $О$ - фактор, учитывающий осмотическое торможение миграции; $Х$ - фактор, учитывающий влияние химического взаимодействия грунта с растворами; $В$ - фактор, учитывающий влияние влажности грунта в экране; τ - фактор, учитывающий время службы экрана.

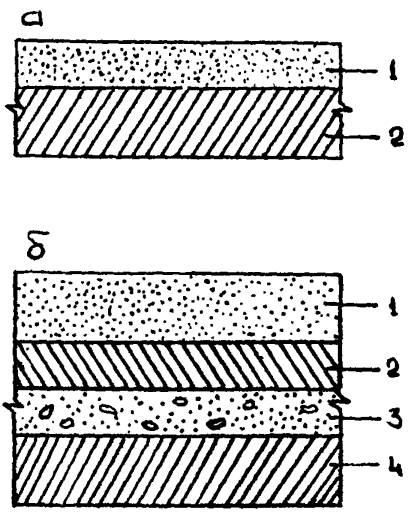


Рис. 2.1. Конструкции грунтовых экранов:

а - однослойного; б - двухслойного: 1 - защитный слой из местного грунта 0,5-1,2 м; 2 - уплотненный слой суглинистого или глинистого грунта 0,5-1,2 м; 3 - песчано-гравийная смесь; 4 - уплотненный слой суглинистого или глинистого грунта 0,5-0,7 м

Таким образом, чтобы рассчитать скорость перемещения компонен-

тов раствора, надо определить влияние всех перечисленных факторов с учетом их взаимосвязи. Методы учета факторов, влияющих на миграцию химических соединений в грунтах экранов, приведены в прил. I - 4.

2.7. При определении пригодности грунтов для устройства экранов учитываются следующие основные требования:

а) грунты не должны проявлять суффозии при воздействии растворов, содержащихся в чаше хвостохранилища, напротив, желательным является их кольматация за счет новообразований;

б) коэффициент фильтрации грунтов должен быть не более $1 \cdot 10^{-5}$ м/сут;

в) грунты должны иметь сорбционную способность по отношению к токсичным компонентам;

г) в грунтах при проникновении растворов не должны развиваться химические и микробиологические процессы, сопровождаемые выделением газообразных продуктов.

2.8. Для защитного слоя, предохраняющего экран от пучения при замерзании или растрескивания при высыхании, следует применять хвосты обогащения или шламы и только при их отсутствии песчаные или гравелистые местные грунты, укладываемые слоем толщиной 0,5-1,2 м в зависимости от глубины промерзания грунта.

На откосах защитный слой экрана необходимо укреплять от размыва. Материалы крепления и защитного слоя должны выбираться в соответствии с действующими нормами и быть устойчивыми в условиях воздействия агрессивных промышленных стоков [22].

2.9. При устройстве экранов на откосе его допустимое заложение проверяется расчетом устойчивости. При этом, необходимо учитывать заложения откосов, допустимые по технике безопасности при работе на них механизмов, и принимать $m \geqslant 3,5$.

2.10. Для наблюдений за работой противофильтрационных устройств различных типов и конструкций, режимом уровней и миграцией стоков в грунтовых экранах и сооружениях III класса и грунта оснований следует предусматривать сеть наблюдательных скважин, оборудованных пьезометрами и другой специальной контрольной аппаратурой.

2.11. Исследования грунтов, предназначаемых для создания экранов и защитного слоя, являются частью общих инженерно-геологических изысканий для строительства хвостохранилища [25]. При этом образцы грунтов должны подвергаться испытаниям с определением

физико-механических свойств: гранулометрического состава, удельного веса, плотности естественного сложения, максимальной плот-

ности при оптимальной влажности (стандартное уплотнение), естественной влажности, коэффициента водонасыщения, пределов и числа пластичности;

водно-физических свойств: коэффициентов фильтрации в естественном и уплотненном состояниях, полной влагоемкости, максимальной молекулярной влагоемкости, значений давления набухания, размокания в воде:

физико-химических свойств: химического и минералогического состава водорастворимых солей, содержания органических примесей, емкости и состава обменного комплекса;

механических свойств: угла внутреннего трения, коэффициента сцепления, компрессионных свойств.

2.12. Технология сооружения глинистого экрана состоит из следующих основных операций: подготовки основания под экран; разработки грунта в карьере; укладки и послойного уплотнения грунта; устройства защитного слоя.

2.13. Подготовительные работы включают корчевку пней, удаление леса и кустарника, уборку камней, растительного слоя на участке экранирования хвостохранилища. Шурфы, разведочные скважины и другие выемки в пределах чаши следует тщательно тампонировать, выклинивающиеся подземные воды перехватывать и организованно отводить с территории хвостохранилища.

2.14. Выбор карьера для разработки грунта должен производиться с учетом требований проекта и результатов их испытаний. Запас грунта в карьере должен быть не менее 1,3 объема экрана.

2.15. При устройстве глинистых экранов следует применять механизированные способы послойной укладки грунтов с последующим послойным их уплотнением. Допускается также метод устройства экрана путем отсыпки глинистого грунта в воду, если это окажется целесообразным, при соответствующем технико-экономическом обосновании.

2.16. Укладка глинистого грунта в экран производится после выполнения работ по подготовке основания и принятия его по акту. Грунты основания экрана перед укладкой глинистого слоя необходимо увлажнять либо подсушивать до влажности, близкой к оптимальной, и уплотнять непосредственно перед укладкой экрана.

2.17. При строительстве экрана слой грунта разравнивается до проектной толщины с необходимым уклоном, предусмотренным водоотводными мероприятиями. Толщину каждого слоя при послойной укладке следует принимать равной 0,25–0,30 м. При строительстве глинистых экранов рекомендуется укладывать не менее трех слоев грунта, что необходимо для надежного перекрытия стыков смежных захваток по всей

толщине экрана. Стыкование отдельных слоев в плане следует выполнять вразбежку с взаимным перекрытием на расстояние не менее I,5 м.

2.I8. Проектная плотность грунта должна обеспечиваться его послойным механическим уплотнением. Уплотнение слоев грунта может производиться кулачковыми и пневмокатками, а для предварительного уплотнения используют автотранспорт и тракторы путем регулирования движения по отсыпаемым слоям.

2.I9. При укладке грунта в экран вся его поверхность должна быть разделена на карты, равные по площади. При экранировании наклонных поверхностей грунт необходимо подавать вдоль откоса снизу или сверху. Не следует допускать укладку грунта полосами, расположенными поперек откоса.

2.20. Уплотнение грунта в экране до заданной проектной плотности производится при технологической влажности. Переувлажненный грунт необходимо подсушивать на картах, а пересушенный - увлажнять при одновременном боронованиии или перепахивании.

2.2I. Технологическая влажность грунта экрана должна устанавливаться в каждом конкретном случае по результатам сопоставления оптимальной влажности при стандартном уплотнении, влажности на границе раскатывания, максимальной молекулярной влагоемкости (ММВ) и влажности полного набухания образцов глинистого грунта под нагрузкой, соответствующей массе защитного слоя экрана, его креплению и эксплуатационным нагрузкам.

2.22. При больших объемах работ и строительстве экрана в несколько сезонов в его основании необходимо предусматривать недобор грунта в виде защитного слоя от влияния климатических факторов - промерзания и растрескивания. Этот защитный слой удаляется непосредственно перед укладкой грунта в экран.

2.23. Работы по устройству противофильтрационного глинистого экрана должны оформляться актами приемки в эксплуатацию.

3. ЭКРАНЫ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНОВОЙ ПЛЕНКИ

3.I. Экраны из полиэтиленовой пленки в хвостохранилищах следует применять при напоре до 0,2 МПа, когда срок службы хвостохранилища не превышает 50 лет, а также когда по истечении этого срока выход его из строя не вызывает опасений за работу хвостохранилища в целом.

3.2. Применения противофильтрационных экранов из полиэтиленовой пленки в хвостохранилищах не допускается:

а) при наличии в жидких и твердых отходах загрязнений в растворенном, коллоидном или нерастворенном состояниях, химический состав которых оказывает нежелательное воздействие на полиэтиленовую пленку, не обладающую надежной стойкостью;

б) если основание хвостохранилищ сложено грунтами, склонными к неравномерным деформациям, не отвечающим требованиям СНиП 2.06.05-84.

3.3. Применяемые в хвостохранилищах противофильтрационные экраны из полиэтиленовой пленки предназначаются для покрытия части или всей площади смоченного ложа, включая подпорные сооружения. По конструктивному оформлению и условиям работы они могут быть трех типов: однослойные, двухслойные, комбинированные (рис. 3.1).

3.4. Однослойный пленочный экран (рис. 3.1, а) выполняется из стабилизированной полиэтиленовой пленки толщиной 0,2; 0,4; 0,6 мм, укладываемой на слой предварительно уплотненной песчаной подготовки или хвостов (подстилающий слой) либо на выровненную и укатанную поверхность экранируемого грунта. Подстилающий слой необходим при укладке пленки на гравелистые и галечниковые грунты, а также на грунты, содержащие острые крупные включения. При выборе гранулометрического состава материала для подстилающего слоя должна обеспечиваться его фильтрационная прочность. В грунте подстилающего и защитного слоев не должно быть льда, снега, камней, смерзшихся комьев грунта, твердых обломков пород и других включений.

3.5. Сплошность экрана достигается склеиванием или сваркой отдельных полотнищ пленки в единое полотно [23]. Сверху экран покрывается защитным слоем грунта или хвостов толщиной до 0,8 м. Для повышения целостности пленки в ряде случаев снизу и сверху ее устраиваются прокладки из изола, толя, рубероида.

3.6. Двухслойный пленочный экран (рис. 3.1, б) состоит из двух слоев стабилизированной полиэтиленовой пленки, разделенных между собой слоем высокопроницаемого песчаного грунта или хвостов, выполняющим роль дрены. Нижний слой пленки укладывается на подстилающий слой из песка, хвостов или тщательно выровненную и укатанную поверхность грунта. Подстилающий слой из песка или хвостов уплотняется. Наличие в экране дренажного слоя позволяет снизить напор жидкости на нижний слой пленки и, следовательно, повысить ее надежность и эффективность работы как противофильтрационного устройства. Поддержание в дренажном слое вакуума около 0,01 МПа повышает противофильтрационную эффективность экрана.

Дренажный слой в экране может быть использован также для создания в нем воздушного или водяного противодавления с целью полного исключения фильтрации жидкости из хвостохранилищ.

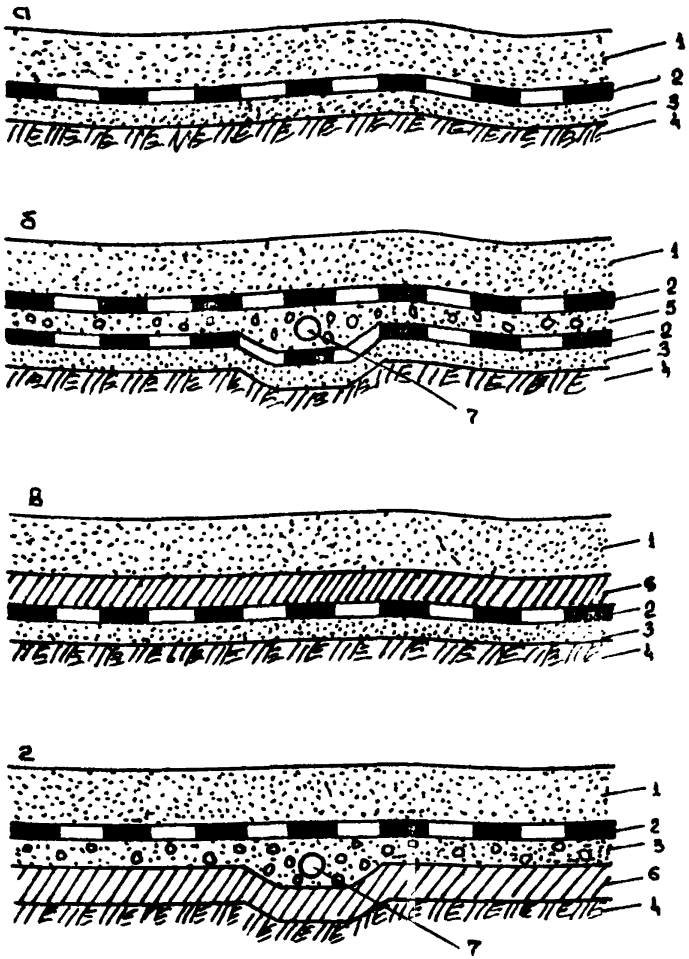


Рис.3.I. Конструкции пленочных экранов:

а – однослойного; б – двухслойного; в – комбинированного; г – двухслойного пленочно-глинистого; I – защитный слой грунта, хвостов; 2 – полиэтиленовая пленка; 3 – подстилающий слой грунта, хвостов; 4 – экранируемая поверхность; 5 – дренажный слой из сильнопроницаемого грунта, хвостов; 6 – уплотненный слой глинистого грунта; 7 – дренажная труба

3.7. Применение двухслойного экрана целесообразно при складировании хвостов и других отходов обогащения, содержащих высокотоксичные загрязнения.

3.8. Комбинированный экран (см.рис.3.I,в) состоит из полиэтиленовой пленки, на поверхности которой уложен слой уплотненного глинистого грунта или пылеватых хвостов. Сверху экран покрывается защитным слоем местного грунта или хвостов. Такая конструкция позволяет обеспечить совместную работу пленки с глинистым слоем и тем самым повысить водопроницаемость и надежность экрана.

3.9. В случае дефицита пленки и наличия в районе строительства достаточного объема глинистого грунта двухслойный экран устраивается пленочно-глинистым. В конструктивном отношении он аналогичен двухслойному пленочному экрану. Разница состоит лишь в том, что нижний слой экрана выполняется из глинистого грунта, а верхний из пленки (см.рис.3.I,г).

3.I0. Толщина защитного слоя грунта или хвостов принимается из условий неповреждения пленки во время производства работ и обеспечения надежной работы экрана в последующий период эксплуатации. Для однослойного и двухслойного экранов толщина защитного слоя при механической укладке должна быть не менее 0,5–0,8 м, а на откосах – 0,8 м.

3.II. Откосы плотин, дамб и берегов отстойных прудов, соприкасающиеся с водой, должны быть защищены в соответствии с требованиями СНиП 2.06.05–84 креплениями, рассчитанными на неблагоприятное воздействие ряда факторов: волн, льда, течений воды, плавающих предметов, атмосферных осадков и др., при этом следует учитывать изменения уровня воды в хвостохранилище.

3.I2. Для строительства пленочных противофильтрационных экранов следует применять стабилизированную полиэтиленовую пленку по ГОСТ I0354–82. Данные о свойствах и параметрах полиэтиленовой пленки приведены в прил.7. Возможность использования нестабилизированной пленки должна быть обоснована в проекте.

3.I3. Полиэтиленовую ленту с липким слоем по ГОСТ 20477–75 надлежит применять для склеивания и устранения дефектов пленочных противофильтрационных устройств на горизонтальных участках ложа хвостохранилища, в котором содержатся нетоксичные промышленные стоки, при температуре наружного воздуха от 0 до 25 ^{0}С. В остальных случаях использование липкой полиэтиленовой ленты должно быть обосновано в проекте. Данные о свойствах и параметрах ленты приведены в прил.8.

3.I4. При сварке полиэтиленовой пленки экструдированной при-

садкой сварочным пистолетом ПСТ-2 и другими аппаратами применяются гранулы полиэтилена низкой плотности марок 15803-020, 11503-070, 11003-020, 11903-020 высшего или первого сорта. При сварке полиэтиленовой пленки ручным аппаратом РЭСУ-500 или аналогичными ему устройствами применяется пруток диаметром 4,0 ± 0,2 мм, изготовленный из материала свариваемой пленки.

3.15. В качестве подкладок, предотвращающих прилипание расплавленного полиэтилена к контактной поверхности нагретого инструмента, следует использовать теплостойкие антиадгезионные материалы: фторопластовую пленку по ГОСТ 24222-80, целлюлозную пленку по ГОСТ 7730-74 или бумажную натуральную кальку по ГОСТ 892-70 толщиной от 0,05 до 0,15 мм.

3.16. При устройстве сопряжения полиэтиленового элемента с сооружениями рекомендуется применять резиновые и резинотканевые пластины по ГОСТ 7338-77, шнур резиновый круглого и прямоугольного сечения по ГОСТ 6467-79, нефтяные изоляционные битумы по ГОСТ 9812-74, битумно-резиновую изоляционную мастику по ГОСТ 15836-79.

3.17. Для обработки основания, подстилающего и защитного слоев можно использовать на участках произрастания тростника трихлорацетат натрия в количестве 150 кг/га или далапон - 25 кг/га; в местах произрастания смешанной растительности - атразин или монурон в количестве 25 кг/га, симазин или фенурон - 30 кг/га; на территориях расселения грызунов - хлорпикрин или крысид в количестве 30 кг/га.

3.18. Толщину пленочного элемента исходя из условия обеспечения сплошности (неповреждаемости) следует определять по формуле [11

$$\delta = 0,1\, d_{зер} \frac{q}{K_п}, \qquad (3.1)$$

где δ - толщина пленки, мм; $d_{зер}$ - минимальный диаметр самой крупной фракции грунта, рассеянного стандартными ситами, мм; $K_п$ - коэффициент эффективности дополнительных защитных прокладок, который следует принимать по табл. 3.1 (при отсутствии прокладок $K_п = 1$); q - нагрузка, принимаемая для экрана как большее из двух значений, вычисленных для строительного (грунт защитного слоя, транспортные или уплотняющие механизмы) или эксплуатационного периодов (грунт защитного слоя, слой воды и аккумулируемые в хвостохранилище хвосты). Нагрузка определяется для строительного периода в зависимости от давления механизмов, передающегося защитному слою грунта, а для эксплуатационного периода от давления заскладированных на всю высоту хвостов.

Значение нагрузки $q_г$ от массы механизмов на пневматическом ходу следует принимать по табл. 3.2 в зависимости от давления воздуха в шине, для механизмов на гусеничном ходу – по паспортным данным.

3.19. Толщину пленочного элемента по допускаемым напряжениям при растяжении от действия гидростатического давления следует определять по формуле

$$\delta = 0{,}135\, d_{зер} q_г \sqrt{\frac{E}{\sigma_{доп}}}, \quad (3.2)$$

где $q_г$ – гидростатическое давление, МПа; E – модуль упругости материала пленки, принимается равным 120 МПа; $\sigma_{доп}$ – допускаемое напряжение при растяжении материала пленки, принимается равным 1,0 МПа для временных и 0,5 МПа для постоянных сооружений.

Если толщина пленочного элемента, рассчитанная по формуле (3.2), окажется больше $\frac{1}{5} d_{зер}$, следует продолжить расчет по зависимости

$$\delta = 0{,}586\, d_{зер} \sqrt{\frac{q_г}{\sigma_{доп}}}. \quad (3.3)$$

Если толщина пленочного элемента, рассчитанная по формуле (3.3), окажется больше $\frac{1}{3} d_{зер}$, то толщину пленки следует принимать равной $\frac{1}{3} d_{зер}$.

Таблица 3.1

Вид прокладки	$K_п$
Рубероид марок РПП	5,0
Рубероид марок РКМ	2,0
Стеклоткань:	
1-й слой	2,0
2-й слой	2,5
3-й слой	3,0
Поролон (пенополиуретан) толщиной 10 мм	2,0
Пленка полиэтиленовая толщиной 0,2 мм	1,5

Таблица 3.2

Давление воздуха в шине, МПа	Давление на грунт, МПа
0,1	0,25
0,2	0,40
0,3	0,50
0,4	0,57
0,5	0,62
0,6	0,71

3.20. Толщина пленочного элемента принимается равной наибольшей величине исходя из расчета по формулам (3.1 – 3.3) и округляется до ближайшей стандартной в сторону увеличения или уменьшения до 5%, но не менее 0,2 мм.

3.21. Устойчивость откоса, имеющего пленочное противофильтрационное устройство и грунтовый (или из хвостов) защитный слой, должна дополнительно проверяться на сдвиг грунта защитного слоя по полиэти-

леновому элементу.

3.22. Устойчивость на сдвиг по пленочному элементу грунтового (или из другого материала) слоя толщиной менее 5 м следует считать обеспеченной, если

$$\frac{\mu}{tg\,\psi} \geq (K_3)_{доп}, \qquad (3.4)$$

где ψ - угол наклона напорной грани (пленочного элемента) к горизонту; $(K_3)_{доп}$ - допускаемый коэффициент запаса устойчивости грунта, величину которого следует назначить согласно СНиП 2.06.05-84; μ - коэффициент трения материала защитного слоя по полиэтиленовой пленке.

3.23. При проектировании экранов хвостохранилищ с гидростатическим напором на пленку до 0,1 МПа величина коэффициента трения μ грунта основания (подстилающего слоя) и материала защитного слоя по полиэтиленовой пленке принимается по табл. 3.3. При проектировании экранов с напором выше 0,10 МПа величину μ надлежит определять экспериментальным путем.

Таблица 3.3

Грунт основания (подстилающего слоя) и материал защитных слоев	Коэффициент трения грунта основания (подстилающего слоя) и материала защитных слоев по полиэтилену, μ		Коэффициент трения грунта по грунту
	Насухо	В воде	
Песок мелкий	0,27-0,45	0,25-0,40	0,40-0,50
Песок крупный	0,27-0,45	0,25-0,40	0,60-0,70
Гравий	0,30-0,45	0,25-0,40	0,70-0,80
Глина	0,40-0,55	0,35-0,50	0,20-0,30
Суглинок	0,40-0,55	0,35-0,45	0,25-0,35
Супесь	0,35-0,55	0,30-0,50	0,35-0,40
Поролон	0,45-0,54	0,25-0,32	-
Полиэтилен	0,40-1,0	0,49-1,0	-
Полиэтилен с консистентной смазкой	0,08-0,10	0,08-0,10	-
Бетон	0,29-0,39	0,25-0,35	-
Рубероид	0,29-0,32	0,25-0,29	-

3.24. Строительство пленочных противофильтрационных экранов в зависимости от конкретных условий должно осуществляться по схеме с предварительным соединением пленки и изготовлением ук-

рупненных пленочных полотнищ в цехе или по схеме с расстилкой и соединением рулонов на экранируемой площади. Допускается использование обеих схем в пределах карт экранирования; при этом протяженность швов, соединяемых в полевых условиях, должна быть минимальной.

3.25. Строительство противофильтрационных экранов из полиэтиленовой пленки, как правило, следует выполнять при положительной температуре воздуха. При отрицательной температуре следует обеспечивать соответствие качества грунтов (материалов) подстилающего и защитного слоев.

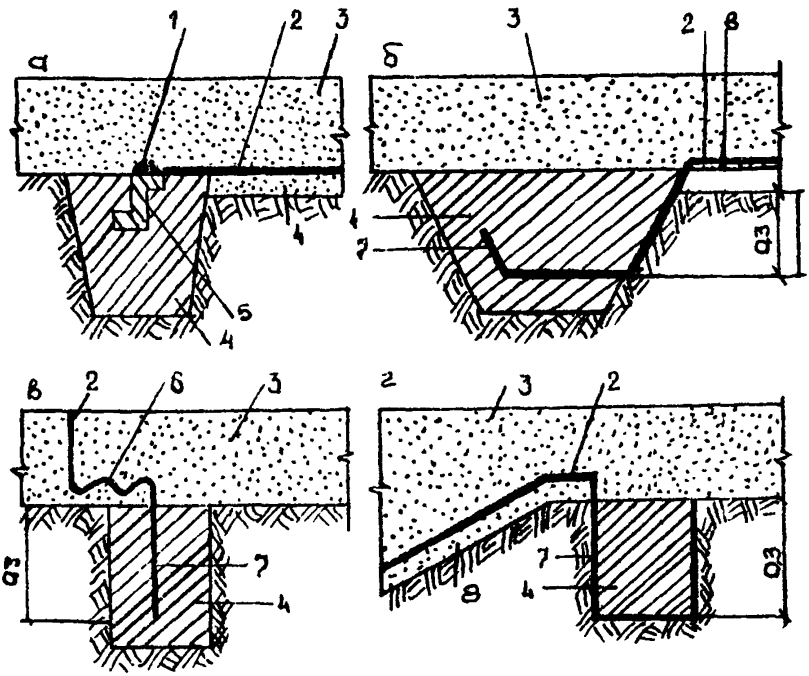


Рис.3.2. Варианты конструкций узлов сопряжения пленочного противофильтрационного элемента:

I - сварной шов; 2 - полиэтиленовая пленка; 3 - защитный слой; 4 - пластичный грунт (бетон), заполняющий штрабу (зуб); 5 - профиль из пластмассы; 6 - компенсирующая складка; 7 - заделанный край пленочного элемента; 8 - подстилающий слой из песка

3.26. Все работы по созданию пленочного противофильтрационного экрана должны оформляться актами освидетельствования скрытых работ.

3.27. Для предотвращения контактной фильтрации между пленочным элементом и примыкающими бетонными сооружениями или грунтовым (скальным) основанием должны приниматься меры, обеспечивающие надежное водонепроницаемое сопряжение.

3.28. При возможности развития больших и неравномерных осадок и деформаций сооружения, особенно в местах примыкания пленочного элемента к откосам, основанию отстойных прудов или бетонным сооружениям, надлежит предусматривать устройство компенсирующей складки.

3.29. Сопряжение пленочного элемента с грунтовым (скальным) основанием надлежит осуществлять с помощью штрабы или зуба, заполненных пластичным материалом (глиной, суглинком и т.п.) или бетоном (рис.3.2).

4. ТЕХНОЛОГИЯ СООРУЖЕНИЯ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННОГО ЭКРАНА ИЗ ХВОСТОВ

4.1. С учетом условий заполнения хвостохранилищ, рельефа местности и условий осаждения хвостов из потока пульпы можно выделить следующие технологические схемы: попутную; с образованием застойной зоны; прудковую.

4.2. Попутная схема намыва экрана. Попутная схема намыва экрана из мелких фракций хвостов применяется для хвостохранилищ, имеющих спокойный рельеф местности, с уклонами откосов и склонов ложа не более 10^{0} (рис.4.1).

4.3. Технология заполнения хвостохранилища должна предусматривать транспортирование пульпы по магистральным и распределительным пульповодам, а схема заполнения может быть как от ограждающих дамб, так и с его верховья.

4.4. Для сооружения качественного экрана из мелких фракций хвостов производится намыв раздельным способом, который заключается в следующем. В районе экранируемого участка хвостохранилища на распределительном (магистральном) пульповоде вварываются выпуска, через которые поступает пульпа с мелкими фракциями хвостов для намыва экрана, а крупные частицы направляются для возведения ограждающих дамб, на участки ранее намытого из мелких фракций хвостов экрана или в другие зоны складирования хвостов.

4.5. Выпуска для намыва экрана устанавливаются диаметром от

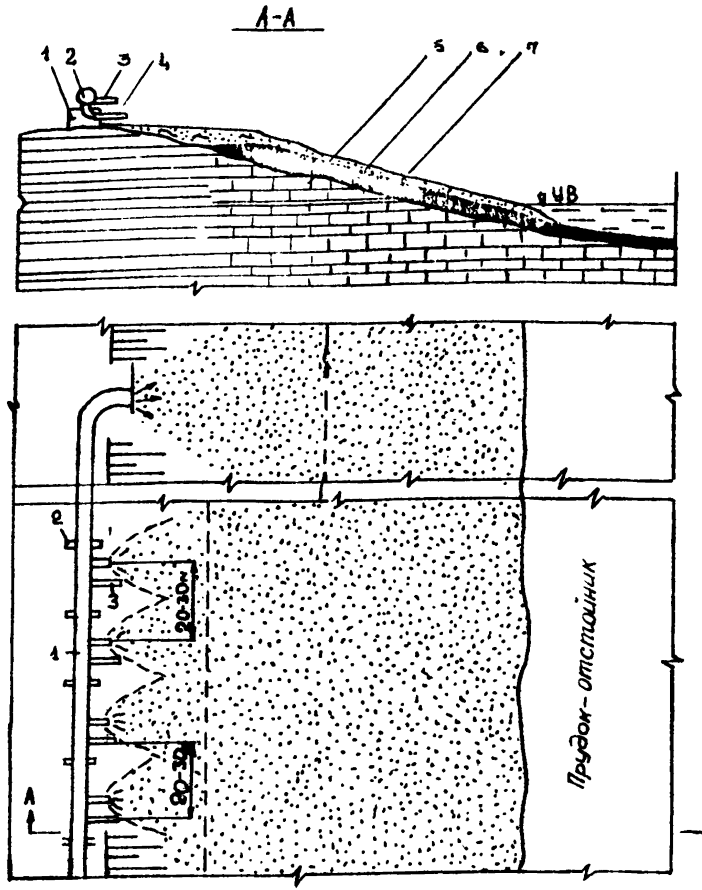


Рис. 4.1. Намыв экрана по попутной схеме:

1 – опора; 2 – распределительный пульповод; 3 – выпуск для мелких фракций хвостов; 4 – выпуск для крупных фракций хвостов; 5 – экранируемый участок ложа; 6 – экранируемый слой хвостов; 7 – защитный слой (пригрузка) из крупных фракций хвостов

150 до 300 мм в зависимости от диаметра распределительного (магистрального) пульповода на расстоянии 6-20 м один от другого и оборудуются запорной арматурой.

4.6. Попутная схема намыва экрана может выполняться без устройства специальных выпусков для намыва экрана, если предусматривается экранирование отдельных сильнопроницаемых участков ложа хвостохранилища. В этом случае используются выпуска для сброса пульпы на пляж хвостохранилища. Сброс пульпы из этих выпусков производится на заданном (расчетном), необходимом для фракционирования, расстоянии от экранируемого участка.

4.7. Попутная схема позволяет намывать экран из мелких фракций на надводный и подводный склоны (откосы) и на любом участке хвостохранилища.

4.8. Вследствие растекания потока пульпы и выпадения твердых частиц хвостов на заданном расстоянии формируется противофильтрационный экран из мелких фракций хвостов. Отложившиеся на откосе или в хвостохранилище на разном удалении от места выпуска пульпы хвосты имеют разную крупность и плотность укладки, а следовательно, и водонепроницаемость экрана будет неодинаковой. Для определения расстояния при намыве экрана с заданными противофильтрационными характеристиками необходимо пользоваться методом расчета фракционирования при намыве хвостов или производить опытный намыв [28] .

4.9. Количество одновременно работающих выпусков для намыва экрана из мелких фракций по попутной схеме определяется в каждом отдельном случае опытным намывом.

4.10. Для экранирования подводных участков ложа хвостохранилища по попутной схеме используется энергия движения воды к водозаборным сооружениям в процессе осветления. Исходя из известного положения о том, что скорость движения воды в прудке не должна быть больше гидравлической крупности частиц хвостов, формирующих противофильтрационный экран, изменяя скорость течения воды в прудке, можно на сильнофильтрующих участках хвостохранилища намывать экран из мелких фракций хвостов.

4.11. Для определения длины откоса, на котором необходимо размещать выпуск для формирования экрана, намываемого под воду на известном расстоянии, используется метод расчета фракционирования хвостов при подводном намыве или производится опытный намыв [29]. При намыве экрана по попутной схеме следует обеспечить его устойчивость, определяемую по СНиП 2.06.05-84.

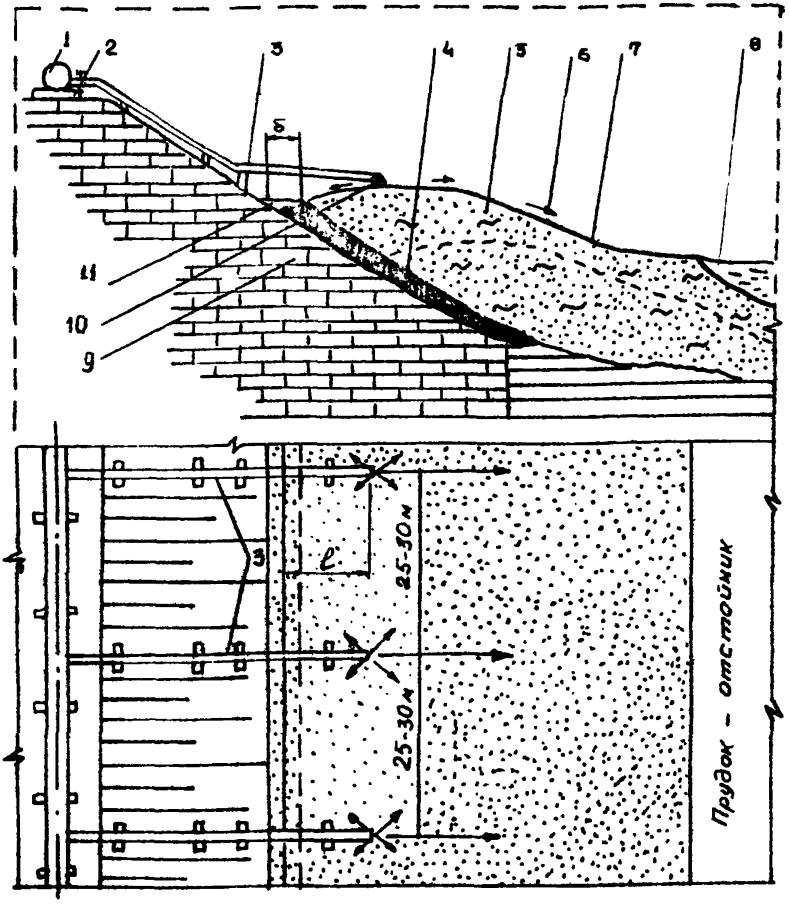


Рис.4.2. Намыв экрана по схеме с образованием застойной зоны:
I - пульпопровод; 2 - опора; 3 - выпуски; 4 - намывной экран из мелких фракций хвостов; 5 - разделительная призма из крупнозернистых хвостов;6 - поток пульпы; 7- внешний откос призмы; 8 - прудок-отстойник; 9 - экранируемый откос; I0 - поток пульпы меньшего расхода; II - застойная зона; ℓ - расстояние от места выпуска пульпы до экранируемого участка; δ - ширина маловодопроницаемого слоя хвостов

4.12. Намыв экрана с образованием застойной зоны. Схема намыва экрана с образованием застойной зоны предназначена для сооружения экранов на крутых откосах и склонах балок, оврагов, имеющихся на территории хвостохранилищ (рис. 4.2).

4.13. Намыв экрана с образованием застойной зоны заключается в том, что мелкие фракции хвостов интенсивно выпадают из потока пульпы на участке экранируемого откоса за счет резкого снижения скорости потока. Для этого выпуск пульпы производится на значительно большем расстоянии, чем экранируемый откос (расстояние определяется опытным намывом). При этом крупные фракции хвостов осаждаются в месте выпуска пульпы, в результате чего образуется разделительная призма, которая делит поток растекающейся пульпы на два. Один, основной, с большим удельным расходом должен быть направлен в сторону отстойного пруда, другой, значительно меньший, направляется в противоположную сторону к экранируемому откосу, достигнув его, меняет направление течения, в результате резко снижается скорость течения и происходит торможение потока и образование застойных зон.

4.14. При небольших скоростях движения потока пульпы по поверхности экранируемого откоса и в образовавшихся застойных зонах происходит интенсивное осаждение мелких, пылевато-глинистых фракций хвостов, которые и формируют противофильтрационный экран.

4.15. Противофильтрационный экран, создаваемый по схеме с образованием застойной зоны, рекомендуется выполнять при надводном намыве. В этом случае призма, сформированная из крупных хвостов, перед намываемым экраном служит надежной защитой от волнового разрушения.

4.16. Намыв экрана необходимо выполнять из рассредоточенных выпусков диаметрами 150–300 мм, врезанных в нижнюю часть трубы распределительного (магистрального) пульповода на расстоянии 25–30 м один от другого. В зависимости от рельефа местности и расстояния от распределительного (магистрального) пульповода до экранируемого участка хвостохранилища выпуска могут быть значительной длины и устанавливаться на металлических или деревянных опорах.

4.17. Схема намыва экрана с образованием застойной зоны по сравнению с попутной схемой более сложна и трудоемка, но позволяет намыть экран из мелких фракций хвостов в условиях, где невозможно применение других конструкций экрана.

4.18. Прудковая схема намыва экрана. По прудковой схеме намыв противофильтрационного экрана производится с помощью земснаряда (рис. 4.3) из хвостов мелких фракций, которые из хвостохранилища

подаются по пульповоду на экранируемый участок.

4.19. Намыв экрана может осуществляться как на адводный, так и на подводный участки ложа хвостохранилища путем выпуска пульпы с мелкими фракциями хвостов из концевого сброса пульповода.

4.20. Намыв экрана рекомендуется вести полосами, наступая на откос в направлении снизу вверх, при этом должна обеспечиваться устойчивость экрана против его сползания, т.е. угол откоса поверхности хвостохранилища не должен быть больше угла естественного откоса хвостов, намытых в экран.

4.21. В тех случаях, когда требуется намыть противофильтрационный экран на участках хвостохранилища, где угол откоса поверхности участка хвостохранилища больше угла естественного откоса хвостов, намываемых в экран, вначале устраиваются горизонтальные дамбочки из крупных фракций хвостов, а затем намывают экран из мелких фракций хвостов.

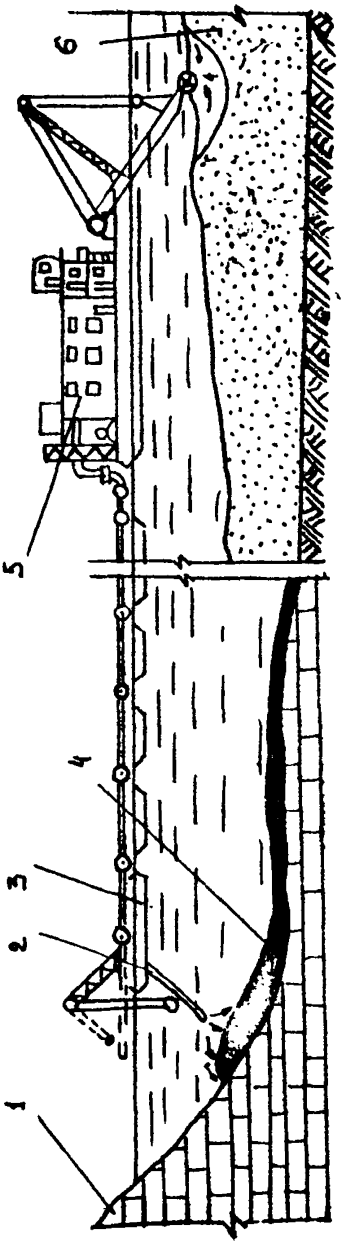


Рис.4.3. Прудковая схема намыва экрана земснарядом с заглубленным выпуском пульпы:
1 - экранируемое ложе; 2 - труба для выпуска пульпы под воду; 3 - понтоны; 4 - намывной экран; 5 - земснаряд; 6 - подводное отложение хвостов за пределами экранируемого ложа

5. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ГРУНТОПЛЕНОЧНЫХ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ЭКРАНОВ

5.1. Настоящий раздел разработан на основе накопленного в институте ВНИГЕМ опыта по применению геофизических методов для контроля качества противофильтрационных грунтопленочных экранов, а также анализа результатов аналогичных работ других организаций [5, II]. Целесообразность привлечения геофизического метода для решения этой задачи указывалась институтами ВНИИ Госстроя СССР, СевНИИГиМ Минводхоза РСФСР и ВНИИ Водполимер Минводхоза СССР еще в 1987 г.[19].

В разделе рассмотрена методика и техника признанного в настоящее время наиболее эффективным геофизического электрометрического метода контроля качества грунтопленочных экранов для решения задач по определению местонахождения скрытых под грунтом покрытия повреждений сплошности пленочного элемента экрана, оценки их размеров без снятия грунта покрытия и определения остаточной поврежденности пленочного элемента экрана после устранения всех выявленных в нем повреждений.

5.2. Электрометрический метод контроля качества грунтопленочных экранов основан на использовании электрического тока в качестве модели фильтрующейся жидкости (воды). Этому способствует аналогия основных элементов конструкции экрана (пленочного и грунтового) по электрическим и фильтрационным свойствам: гидроизоляционные полимерные и битумные материалы обладают очень высоким удельным электрическим сопротивлением (порядка 10^{10} Ом·м), грунт основания и покрытия – пониженным сопротивлением (порядка 10 Ом·м). В силу этого обстоятельства электрический ток, пропускаемый в защитный слой экрана, подобно фильтрующейся жидкости, проходит в сквозные повреждения пленки, что сопровождается соответствующими изменениями электрического поля на поверхности покрытия. Местоположения скрытых под грунтом покрытия повреждений сплошности пленочного элемента экрана определяются методом электропрофилирования с заземлениями – по характерным искажениям (аномалиям) электрического поля.

Размеры повреждений оценивают при детализации выявленных аномалий по характерным точкам графиков электропрофилирования.

Остаточную поврежденность пленочного элемента экрана количественно оценивают методом вертикального электрического зондирования по результатам интерпретации его графиков палеточным способом.

Физические основы и технические средства электрометрических методов приводятся в специальной литературе [18, 26].

5.3. Электрометрический метод фиксирует только те повреждения

сплошности пленочного элемента, которые создают электрическую (резистивную) связь покрытия с основанием экрана (непосредственный контакт грунтов через повреждение пленки или посредством промежуточной электропроводной среды, например, воды).

Для выявления повреждений, не создающих в обычных условиях электрической связи основания и покрытия (необводненные каналы под нахлестом пленки или необводненные повреждения размером меньше частиц грунта, прилегающих к пленке), имеющих место, например, вследствие сжатых сроков строительства экрана, когда грунты покрытия не успели впитать достаточного количества атмосферной влаги, необходимого для обводнения зон повреждений, следует принимать специальные меры, например, орошать поверхность пленки перед укладкой на нее грунтового покрытия электропроводной жидкостью, смачивающей пленочный материал. Эти меры позволяют существенно повысить достоверность контроля качества грунтопленочных экранов и должны обязательно приниматься при строительстве экранов ответственного назначения (например, предназначенных для хранения вредных стоков). С этой точки зрения нежелательно использование для покрытия экрана слабопроницаемых грунтов (глин и тяжелых суглинков), затрудняющих доступ к пленочному элементу естественной влаги.

5.4. Электрометрический контроль рекомендуется производить изыскательскими подразделениями и строительными лабораториями, оснащенными соответствующей аппаратурой и укомплектованными персоналом по соответствующей специальности (инженеры и техники-геофизики). По результатам выполненного контроля оформляется акт по установленной форме (прил. II), который передают заказчику.

5.5. Определение местонахождения повреждений сплошности пленочного элемента под покрытием экрана осуществляют методом электропрофилирования. На участках со щебеночной пригрузкой грунтового покрытия поиск повреждений пленки производят по традиционной пешеходной технологии электропрофилирования, принятой, например, при изысканиях и в геологоразведке [10,21]; на участках с открытым грунтовым покрытием, доступных для пешего передвижения, используют технологию электропрофилирования, разработанную в институте ВНИИГЕМ.

5.6. В зависимости от требований к качеству сооружения проводят сплошное детальное обследование грунтопленочного экрана, выборочное (на отдельных "контрольных" участках) или по разряженной сети.

Сплошное детальное обследование экрана обеспечивает наибольшую полноту выявления повреждений сплошности пленочного элемента; площадь минимального уверенно выявляемого одиночного повреждения S_{min} составляет при этом 50 см^2 при изометрической форме повреждения и

мощности грунтового покрытия h =50 см. При иной мощности грунтового покрытия величина S_{min} =0,0196h^2.

5.7. Применение традиционного пешеходного варианта электропрофилирования связано с относительно большими трудозатратами и высокой стоимостью такого контроля.

При этом используют комбинированную установку электропрофилирования ASMIN 5A по сети точек измерения 5×5 м с детализацией через 1–2 м.

По данным комбинированного электропрофилирования строят графики кажущегося удельного электрического сопротивления $\rho_к$ прямой и обратной установок.

На полученных графиках $\rho_к$ выделяют аномалии типа "рудное" (прямое) пересечение. В пределах выделенных аномальных участков (на местности) осуществляют детализационные работы по основному и крестовому профилям. При этом крестовый профиль разбивают через отметку "рудного" пересечения, полученную на основном профиле по данным детализационных работ. В точке "рудного" пересечения на крестовом детализационном профиле выставляют пикет для обозначения местоположения предполагаемого повреждения пленочного элемента.

5.8. Технология электропрофилирования, разработанная институтом ВНИИГЕМ, имеет высокую производительность (порядка 10^4 м^2 экрана в час при безостановочном движении) и позволяет с минимальными затратами осуществлять сплошное детальное обследование грунтопленочных экранов.

Данная технология основана на использовании специальных (шаговых) заземлений, обеспечивающих стабильный электрический контакт с грунтовым покрытием экрана при пешем передвижении, и особой системе их перестановки по земной поверхности.

Шаговое заземление представляет собой пару соединенных электродов, выполненных в виде треугольных, заостренных снизу пластин с основаниями, закрепленными на каблуках диэлектрической обуви (резиновых сапог) операторов.

Электропрофилирование с шаговыми заземлениями осуществляют способом параллельных перемещений, для чего используется специальное визирное приспособление (шаблон), представляющее собой прямолинейную штангу с указателями для каждого из подвижных электродов (шаговых заземлений) (рис. 5.1).

При работе по данной технологии операторы, оснащенные шаговыми заземлениями, держась за штангу шаблона, перемещаются шеренгой в ногу по визируемым ими линиям соответствующих указателей.

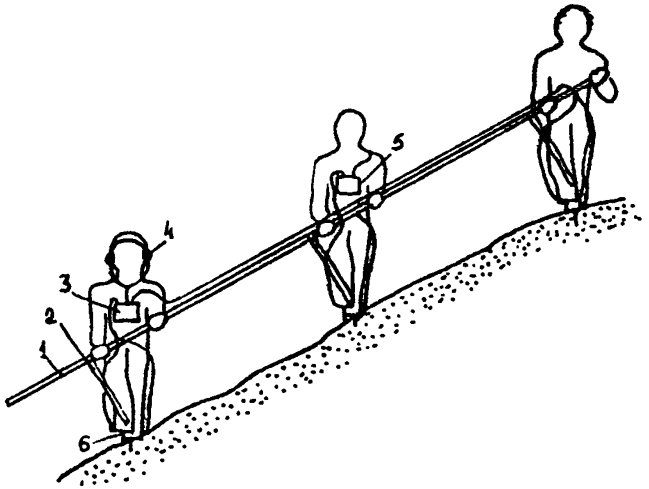


Рис.5.I. Схема производства электропрофилирования с шаговыми заземлениями и звуковой индикацией аномалий (дифференциальная установка):

I – штанга; 2 – указатель; 3 – приемник с приставкой звуковой индикации; 4 – головные телефоны; 5 – генератор; 6 – шаговый электрод

Электропрофилирование с шаговыми заземлениями выполняют с использованием серийной электроразведочной аппаратуры типа АНЧ-3. Для оперативной звуковой индикации аномалий в институте ВИОГЕМ разработана специальная приставка к приемнику АНЧ-3 с выходом на головные телефоны, осуществляющая преобразование его выходного сигнала на хорошо слышимую частоту около I кГц и не искажающая показаний приемника.

Поиск повреждений пленки осуществляют с дифференциальной (нулевой) установкой M1, 5AI, 5N', а при резко изменчивой мощности покрытия – с потенциальной установкой A3M (размеры даются для мощности покрытия, равной 0,5 м).

Работы с дифференциальной установкой осуществляют с чередующимися интервалами между профилями (осями заходок): I,5 и 4,5 м(рис.5.2) Для обозначения профилей по краям и в середине планшета с интерва-

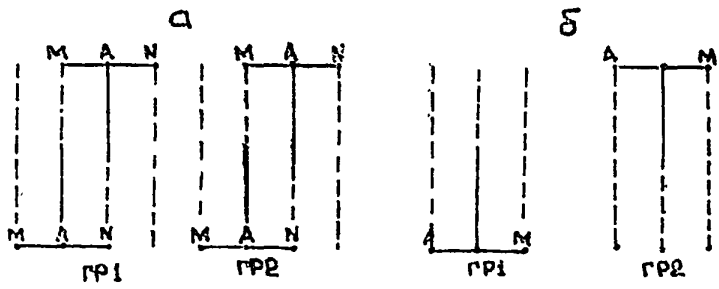


Рис. 5.2. Порядок выполнения электропрофилирования с дифференциальной (а) и потенциальной (б) установками по схеме параллельного перемещения

лом, равным удвоенному размеру измерительной установки (6 м), выставляют в створ хорошо видимые вешки, по которым два других оператора поочередно ведут всю группу. Услышав в наушниках характерное изменение сигнала (локальный максимум силы звука), оператор с приемником останавливает группу для обозначения этого места пикетом.

Работы с потенциальной установкой проводят с постоянным интервалом между профилями, равным 3 м, соответственно обозначенным створом вешек. При этом аномалии фиксируют по локальному минимуму сигнала.

Детализацию и разбраковку выявленных аномалий осуществляют комбинированной установкой А5М15А на основных и крестовых профилях по обычной (осевой) схеме перемещения в соответствии с п. 5.7. При этом для оперативного определения мест заземления электродов используют мерный шнур с метками через 1 м, который растягивают по профилю. Карты или схемы расположения выявленных аномалий электропрофилирования (см. прил. 1) передают заказчику.

5.9. Оценка размеров выявленных повреждений пленочного элемента без снятия грунта покрытия. Если вскрытие выявленных повреждений пленочного элемента путем снятия грунта покрытия по каким либо причинам невозможно (например, вследствие сильной обводненности покрытия), производят приблизительную оценку их размеров для выполнения последующего фильтрационного расчета и прогноза фильтрационных потерь или распространения загрязнения через созданный экран.

5.10. Размеры выявленных повреждений оценивают по кривым ρ_K

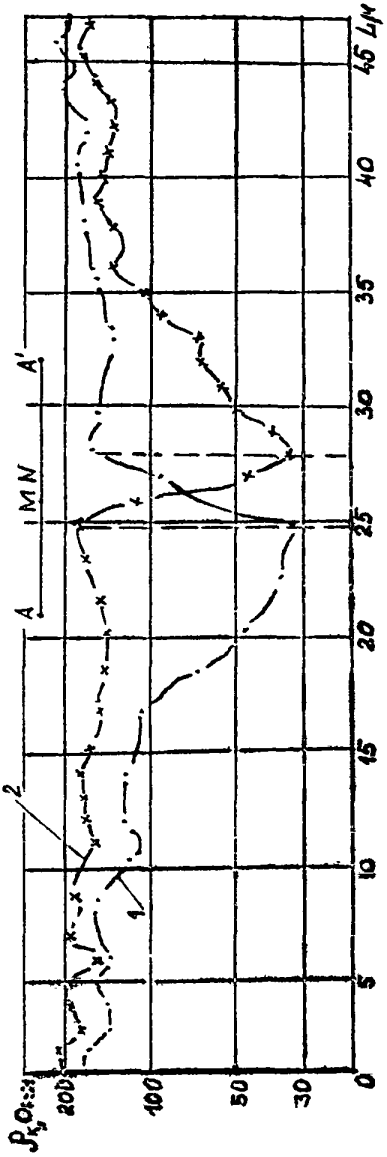


Рис. 5.3. Определение размера повреждения по кривой на детализационном профиле:
I – AM$\mathcal{N}$; 2 – M$\mathcal{N}$A'

комбинированного электропрофилирования, полученным при детализационных работах (рис. 5.3). На каждой такой кривой отмечают характерные (экранные) точки, соответствующие нахождению над краем повреждения определенных электродов измерительной установки (аналогичные таковым для границ проводника [I]).

По расстоянию между характерными точками на каждом профиле (основном и крестовом) определяют соответствующий размер (a_i или b_i) повреждения. Площадь повреждения S_i оценивают исходя из полученных размеров по формуле для эллипса

$$S_i = 0{,}7 \times a_i \times b_i ;$$

5.II. Определение остаточной поврежденности пленочного элемента грунтопленочного экрана осуществляют методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) [I8,26]. При этом предварительно до выполнения зондирований необходимо осуществить устранение всех выявленных электропрофилированием повреждений пленочного элемента.

5.I2. Применение метода вертикального электрического зондирования для оценки поврежденности пленочного элемента экрана основано на том, что величина электрического тока в покрытии при про-

чих равных условиях находится в обратной зависимости от степени общей поврежденности пленки.

Зондирование выполняют в двух взаимно-перпендикулярных направлениях по заданной сети точек наблюдения, определяемой в зависимости от требуемой детальности обследования экрана (обычно по сети 50 х50 м), со сгущением сети (детализацией) на участках резкого изменения поврежденности пленочного элемента. Измерения выполняют в соответствии с Инструкцией [10]. Начальные разносы питающих электродов выбирают равными 0,23 м.

5.13. При интерпретации данных зондирования по левой ветви практической кривой с помощью двухслойной палетки ВЭЗ [18] определяют мощность h и удельное электрическое сопротивление ρ покрытия [10], а по правой ветви с помощью теоретического графика $y=f(\xi)$ (рис. 5.4) - координату X_1, характеризующую поврежденность пленочного элемента.

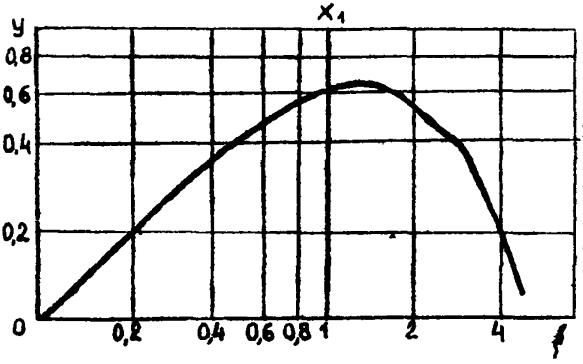


Рис. 5.4. Палеточный график для определения характеризующей координаты X_1, поврежденность пленочного элемента экрана

Затем вычисляют эффективные параметры грунтопленочного экрана:

мощность фиктивного грунтового экрана с коэффициентом фильтрации, равным реальному коэффициенту фильтрации грунтов основания и покрытия, эквивалентного по водопроницаемости контролируемому участку грунтопленочного экрана

$$h_э = \frac{x_1^2}{h},$$

коэффициент эффективности пленочного экрана

$$\eta = 2\left(\frac{h}{x_1}\right)^2$$

геометрический параметр поврежденности пленочного элемента, численно равный диаметру эффективного отверстия, приходящегося в среднем на 1 м^2 пленки

$$d_э = 1{,}7\frac{h}{x_1^2}$$

Результаты вертикальных электрических зондирований наносят на план или схему (прил. I2), которую передают заказчику.

5.I4. Участки с повышенной общей поврежденностью пленочного экрана по данным ВЭЗ оконтуривают методом электропрофилирования потенциальной или комбинированной установкой (прил. I3) по традиционной технологии.

5.I5. Обоснование технико-экономических показателей электрометрического контроля по видам работ осуществляют в соответствии с табл. 5.I.

Таблица 5.I

Виды работ	Обоснование	
	стоимости [2I]	норм времени и расценок
Разбивка и геодезическая (плановая) привязка точек геофизических наблюдений	Табл. 79	[6], норма 45I
Электропрофилирование комбинированной установкой (поиск повреждений и детализация)	Табл. 270	[7], табл. 25, норма 5, норма I399
Устройство и ликвидация линии " бесконечность"	Табл. 266 Норма I399	[7], норма I364
Вертикальное электрическое зондирование в двух азимутах	Табл. 276, 265	[7], табл. 25, норма 6, норма I364
Электропрофилирование с шаговыми заземлениями	П. 5. I7, 5. I8 настоящих рекомендаций, с. 32	П. 5. I7, 5. I8 настоящих рекомендаций, с. 32
Обработка материалов	С. 288	-
Составление программы и технического отчёта по электроразведке	Табл. 294	-

Цену разбивки и топопривязки сети наблюдений для электропрофилирования комбинированной установкой определяют сравнением цен §I и 2 табл. 79 [2I], откуда следует, что при исходном расстоянии между точками, равном I00 м (§ I - цена 33 руб.), сгущение точек в два раза (§ 2 - цена 36 руб.) увеличивает цену единицы работы на величину разности цен по § I и 2, т.е. 36–33=3 руб., соответственно для расстояния между точками, равного, например, 5 м цена I км профиля составит 33+(36–33)·(I00:5–I)=90 руб.

5.I6. При расчете затрат на устройство и ликвидацию линии "бесконечность" (п.3 табл. 5.I) принимают среднюю продолжительность ра-

бот смены 8 ч, коэффициент использования рабочего времени 0,85.

5.17. При определении показателей электропрофилирования с шаговыми заземлениями для нормальной проходимости по покрытию принимают среднюю скорость движения установки 3 км/ч, для неблагоприятных условий (повышенной влажности и неровности покрытия) – до I км/ч, состав бригады – 4 человека (2 техника-оператора, I рабочий-оператор и I рабочий II разряда).

5.18. Объемы детализационных работ (по опыту выполнения контроля) необходимо принимать равными 100% от объемов электропрофилирования, необходимых для поиска аномалий, с последующим уточнением по фактическим данным в зависимости от степени поврежденности пленочного элемента.

Определение коэффициента фильтрации грунтов

Коэффициент фильтрации определяется по формуле

$$K_t = \frac{Q}{J w \tau},$$

где K_t - коэффициент фильтрации при температуре t, °С, см/с; Q - количество профильтровавшейся воды, см^3; J - градиент напора; τ - время, в течение которого происходила фильтрация, с; w - площадь поперечного сечения образца, см^2.

Приведение коэффициента фильтрации к температуре 10°С производится по формуле

$$K_{10} = \frac{K_t}{0,7 + 0,03t},$$

где t - средняя температура воды в приборе, °С.

При исследованиях фильтрации воды количество определений коэффициента фильтрации для каждого исследуемого значения плотности грунта должно быть не менее 10.

При исследованиях фильтрации растворов количество определений коэффициента фильтрации и длительность исследований должны быть достаточными для установления зависимости коэффициента фильтрации от времени, т.е. $K = f(\tau)$.

Определение коэффициента диффузии грунтов

Для проведения опыта по определению диффузионной проницаемости грунта берут прибор, в котором находится образец с требуемым распределением концентраций. Камеры прибора отсоединяют от напорных бачков и вынимают штуцеры.

Раствор и грунтовую воду, находящиеся в приборе, полностью выливают и заполняют исходной водой и раствором. При этом строго следят за тем, чтобы электропроводность грунтовой воды соответствовала тарировочным данным.

Отверстия камер закрывают герметично пробками и помещают прибор в изотермические условия. Герметичность необходима для исключения осмотического переноса воды, который может привести к искажению концентрационных изменений в растворе и воде.

По истечении двух суток определяется суммарное количество электролитов, прошедших через образец из камеры с раствором в воду. Для этого из камер с помощью сифонов полностью выливают содержимое. Измеряют электропроводность воды и по значению удельной электропроводности с помощью тарировочного графика находят концентрацию исследуемого электролита в грунтовой воде.

Зная объем воды в камере прибора и концентрацию, рассчитывают количество вещества, перенесенное за время опыта через грунтовый образец. Вновь заполняют камеры раствором и грунтовой водой и повторяют определение для различных промежутков времени – 2, 3, 4 сут. Большие интервалы времени не рекомендуются при высоких градиентах концентрации, чтобы не нарушать постоянства $\Delta C/\Delta t$ в образце.

Коэффициент диффузии определяется по формуле

$$D = \frac{q\,l}{\omega\,\Delta C},$$

где q – количество вещества, перенесенное через образец за I с, г; ω – площадь образца, $см^2$; C – концентрация раствора, $г/см^3$; l – толщина грунтового образца, см.

Температурная зависимость коэффициента диффузии определяется по уравнению

$$D_t = D_{t_0}[1 + (t - t_0)\alpha],$$

где α – температурный коэффициент диффузии.

Эта зависимость справедлива в интервале температур от +40 до +5°С.

При этом значение коэффициента a совпадает с величинами, известными для температурных коэффициентов диффузии электролитов в водных растворах.

При определении коэффициента диффузии электролита в грунте количество параллельных опытов для каждого исследуемого состояния должно быть не менее трех.

Определение коэффициента осмоса и кажущегося осмотического давления в грунтах

Экспериментально находят осмотический расход воды через весь образец. Зная геометрические размеры образца, определяют скорость осмоса. Коэффициент осмоса находят, подставив значение скорости осмоса в уравнение

$$V_o = K_o \frac{dC}{dt}$$

где V_o – скорость осмоса, см/с; K_o – коэффициент осмоса, $см^5/с.г$; $\frac{dC}{dt}$ – градиент концентрации, $г/см^4$.

Коэффициент осмоса определяется для каждого исследуемого значения плотности грунта при нескольких градиентах концентрации и при различной насыщенности грунта раствором.

Кажущееся осмотическое давление раствора вычисляется по формуле

$$\tau = \frac{V_o \ell \gamma_o}{K},$$

где τ – осмотическое давление, МПа; K – коэффициент фильтрации, см/с; ℓ – толщина образца, см; γ_o – плотность воды, $Н/м^3$.

Приложение 4

Методика микробиологического исследования грунтовой среды

I. По химическому составу раствора устанавливается, какие из компонентов могут служить питательными веществами для почвенных бактерий.

2. Производится микробиологический анализ грунта экрана с учетом результатов, полученных по п.I.

3. Если микробиологический анализ показывает наличие ожидаемого вида почвенных бактерий, производится посев на растворе и находится оптимальная концентрация для их развития.

4. Устанавливается характер процессов, сопровождающих жизнедеятельность обнаруженных микробов в условиях экрана.

5. Оцениваются изменения физико-механических свойств образцов грунтовой массы (замешанной на растворе) под влиянием развития бактерий. Если жизнедеятельность бактерий не сопровождается газообразованием в анаэробных условиях, считают, что их присутствие не влияет на проницаемость экрана. В противном случае проводится определение влияния бактериологической среды на основные параметры грунта: коэффициент фильтрации, диффузии, а также на сохранение монолитности образцов.

Коэффициент диффузии неорганических соединений в водных растворах

Вещество	Химическая формула	Концентрация, г-экв/л	Коэффициент диффузии, 10^{-5} $см^2/с$
Соляная кислота	HCl	I,0 0,I	3,0 2,5
Хлористый натрий	$NaCl$	I,0 0,I	I,27-I,24 I,30-I,24
Хлористый калий	KCl	0,9 0,I	2,I5 2,I5
Хлористый кальций	$CaCl_2$	I,0	I,I6
Азотная кислота	HNO_3	I,0 0,I	2,70 2,40
Азотнокислый натрий	$NaNO_3$	0,3	I,0
Азотнокислый калий	KNO_3	I,0 0,I	I,35 I,46
Серная кислота	H_2SO_4	I,0 0,I	I,53 I,73
Сернокислый натрий	Na_2SO_4	I,0	0,77
Сернокислый калий	K_2SO_4	0,05	I,I0
Едкий натрий	$NaOH$	I,0 0,I	I,39 I,47
Едкий калий	KOH	0,9 I,I	2,I5 2,I5
Уксусная кислота	CH_3COOH	I,0 0,I	0,96 I,03
Уксуснокислый натрий	CH_3COONa	0,I	0,86

Приложение 6

Химическая стойкость полиэтилена низкой плотности

Таблица I

Химические реагенты, к действию которых при температуре плюс 20°С полиэтилен низкой плотности нестоек (Н) или условно стоек (УС)

Реагент	Стойкость	Реагент	Стойкость
I	2	3	4
Азотная кислота	Н	Ацетальдегид	УС
Альдегид кротоновый	Н	Бензальдегид	Н
Аллилхлорид	Н	Бензин	Н
Альдегид масляный	Н	Бензин/бензол (80/20)	Н
Амилацетат	Н	Бензин хлористый	УС
Амилхлорид	Н	Бензол	Н
Анилин:		Бензолсульфокислота (концентрация 10%)	Н
сернокислый	Н	Бром жидкий	Н
солянокислый	Н	Бром, газ низкой концентрации	Н
Анилинхлоргидрат	Н	Бутиламин	Н
		Спирт:	
Бутилацетат	Н	аллиловый	УС
Газолин без ароматики	Н	амиловый	УС
Газолинобензольные смеси	Н	бензиловый	Н
Гептан	Н	метиловый	УС
Дибутилфталат	УС	октиловый	УС
Дихлорбензол	УС	фуриловый	УС
Дихлорэтан	Н	фурфуриловый (концентрация 40%)	Н
Диметиламин	УС	этиловый (концентрация 40%)	УС
Диэтиланилин	Н	Сульфурилхлорид	Н
Диэтиламин	Н	Терпентиновое масло	Н
Жиры и масла (60°С)	Н	Тионилхлорид	Н
Йод	УС	Толуол	Н
Камфорное масло	Н	Трикрезилфосфат	Н
Касторовое масло	Н	Трихлорэтилен	Н
Кетоны (ацетон и др.)	Н	Триэтаноламин	УС

Продолжение таблицы I

I	2	3	4
Крезол	Н	Фенилгидразин	УС
Крезол технический	Н	Фенол (концентрация 90%)	Н
Кислота олеиновая:		Фтор	Н
пикриновая (концентрация 10%)	Н	Фурфурол	Н
уксусная (концентрация 91%)	УС	Хинолин	Н
хлорноватистая	УС	Хинон	Н
хлоросульфоновая	Н	Хлор, газ (сухой, влажный)	Н
Ксилол	Н	Хлоральгидрит	Н
Льняное масло	УС	Хлорбензол	Н
Масла минеральные	УС	Хлороформ	Н
Масла эфирные	Н	Циклогексанол	Н
Масло трансформаторное	УС	Циклогексанон	Н
Метил бромистый	УС	4-хлористый углерод	Н
Метил хлористый	Н	Этил хлористый	Н
Метиленхлорид	Н	Этилакрилат	Н
Нитробензол	УС	Этилацетат	Н
Пропилен хлористый	Н	Этилен бромистый	Н
Серная кислота (концентрация 50%)	Н	Этилендихлорид	Н
Сероуглерод	Н	Этиленхлогидрин	УС
Силиконовые жидкости	УС	Этиленхлорид	Н
Скипидар	УС	Эфир:	
		ацетоуксусный	Н
		этиловый	Н

Таблица 2

Перечень реагентов, к действию которых полиэтилен низкой плотности стоек

Реагент	Температура, °С	Концентрация, %
I	2	3
Азотная кислота	20	25
Аллюминий:		
гидрат окиси	20	-
сернокислый	20	I0

Продолжение таблицы 2

I	2	3
Аммония гидрат окиси	20	До насыщения
Ацетальдегид	20	40
Бария гидроокись	20	До насыщения
Белильный раствор	20	I0
Бензотная кислота	20	-
Борная кислота	20	До насыщения
Бура	20	То же
Бутандиол	20	I0
Висмут углекислый	20	До насыщения
Вода:		
морская	20	-
пресная	20	-
Водород бромистый	20	I0
Глицерин	20	Любая
Диазосоли	20	-
Диэтиленгликоль	20	Любая
Дубильные экстракты	20	-
Калия гидрат окиси	20	-
Квасцы	20	До насыщения
Кислота:		
винокаменная	20	I0
гликолевая	20	30
кремнефтористоводородная	20	32
лимонная	20	До насыщения
малеиновая	24	25
молочная	20	90
муравьиная	20	90
мышьяковая	20	-
пикриновая	20	I
салициловая	20	-
серная	20	50
сернистая	20	Любая
соляная	20	50
хлорноватистая	24	I0
хромовая	20	20
фосфорная	20	30
фторированная кремневая	24	40
фтористоводородная	20	40

Продолжение таблицы 2

I	2	3
цианистоводородная	20	-
щавелевая	20	-
Крахмал	20	-
Латекс	20	-
Метиловый спирт	20	100
Моча	20	-
Мыльный раствор	20	Любая
Олово двуххлористое	20	-
Олово четыреххлористое	20	-
Перекись водорода	20	30
Сероводород	20	-
Соли:		
аммония	20	-
бария	20	-
железа двухвалентного	20	-
железа трехвалентного	20	-
калия	20	-
кальция	20	-
магния	20	-
меди	20	-
натрия	20	-
никеля	20	-
свинца	20	-
Сурьма хлористая	20	-
Тетраэтилсвинец	20	-
Формальдегид	20	30
Этиленгликоль	20	-

Приложение 7

Основные параметры и свойства полиэтиленовой пленки низкой плотности по ГОСТ 10354-82

Прочность при растяжении не менее, МПа	13,7
Относительное удлинение при разрыве не менее, %	450
Морозостойкость не ниже, °С	-60
Толщина и допускаемые отклонения, мм, при ширине полотна	
1,5-3,0 м	0,200±0,045
	0,250±0,065
	0,300±0,055
	0,350±0,090
	0,400±0,090
свыше 3,0 м	0,200±0,050
	0,250±0,060
	0,300±0,060
	0,400±0,060

Приложение 8

Основные параметры и свойства ленты полиэтиленовой с липким слоем по ГОСТ 20477-75

Ширина ленты, мм	30-150
Толщина пленки-основы, мм	0,08-0,10
Толщина клеящего слоя, мм	0,03-0,06
Длина ленты в рулоне, м	$\geqslant$ 70
Липкость, с	$\geqslant$ 500-600
Прочность при растяжении, МПа	$\geqslant$ 10
Относительное удлинение при разрыве, %	$\geqslant$ 150

Приложение 9

Журнал сварки полотнищ

Номер полотнища	Дата изготовления полотнища	Паспортные данные пленки	Размеры полотнища, $м^2$	Масса полотнища, кг	Способ и режим сварки	Замеченные дефекты и способы их устранения	Сведения об отборе образцов для испытаний	Подпись ответственного лица	Примечания
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0

Приложение I0

Паспорт полотнища

I. Объект _____

2. Номер полотнища по схеме размещения _____

3. Размеры полотнища _____

4. Масса полотнища _____

5. Дата _____

6. Подпись ответственного лица _____

Приложение II

Форма акта выполнения геофизического контроля качества противофильтрационного грунтопленочного экрана

УТВЕРЖДАЮ:
Гл. инженер _____
наименование
_____
организации-заказчика
_____ _____
подпись Ф.И.О.
"_____" _____ I9___ г.

А К Т

выполнения _____
наименование контролирующей организации
геофизических работ по контролю качества грунтопленочного экрана на _____ в I9___ г.
наименование объекта и его принадлежность
_____ "_____"_____I9__г.
местонахождение объекта или
организации заказчика

Настоящим подтверждается, что _____
наименование контролирующей
_____ в период с "_____" _____I9____ по "_____"
организации число месяц год число
_____ I9_____ выполнены предусмотренные договором _____
месяц год номер и
_____
шифр договора
геофизические работы по контролю качества грунтопленочного экрана на
_____.
наименование объекта и его принадлежность

При этом осуществлено определение местонахождения повреждений сплошности пленочного элемента экрана под грунтом покрытия и выполнена оценка размеров выявленных повреждений без снятия грунта покрытия,
конкретизируется по фактическому виду контроля
остаточной поврежденности пленочного элемента.

Указанные геофизические работы проведены на площади _____ $м^2$
величина

в пределах уложенного на "_____"_____I9___г.
дата

пленочного экрана, т.е. за исключением _____
указывают при неполном

_____
обследовании экрана, в том числе причины невыполнения и местопо-

_____.
ложение необследованных участков

Определение местонахождения повреждений пленочного элемента экрана осуществлено методом электропрофилирования комбинированной
конкретизируют

установкой А5МI5А' по сети 5 х 5 м, потенциальной (дифферен-
по типу фактической технологии контроля

циальной) установкой А3М по технологии с шаговыми заземлениями в движении и звуковой индикацией аномалий.

При этом зафиксировано и обозначено на местности пикетами ____ ко-
_____ мест предполагаемого повреждения сплошности пленочного
личество

элемента экрана. Схема расположения аномалий передана _____
наименование

_____.
организации-заказчика

Оценка остаточной поврежденности пленочного элемента экрана, ра-
указывают конкретный вид выполненных работ

змеров выявленных повреждений без снятия грунта покрытия на обследованной площади осуществлена методом комбинированного электропро-
конкретизируют по

филирования на крестовых профилях, вертикального электрического
фактическому виду работ

зондирования в _____ точках по сети X , м. Значения эффек-
количество указывают только при выпол-

тивных параметров поврежденности экрана составляют:
нении вертикального электрического зондирования

а) мощность эквивалентного грунтового экрана:

от_____м до _____м, в среднем _____м;

б) коэффициент эффективности пленочного экрана:

от _____до _____, в среднем _____;

в) диаметр эффективного отверстия на I $м^2$ экрана:

от _____$м^{-I}$ до _____$м^{-I}$, в среднем _____$м^{-I}$.

Расчетная площадь повреждений пленки, $м^2$, мощность грунтового
конкретизируют по фактическому виду результативных

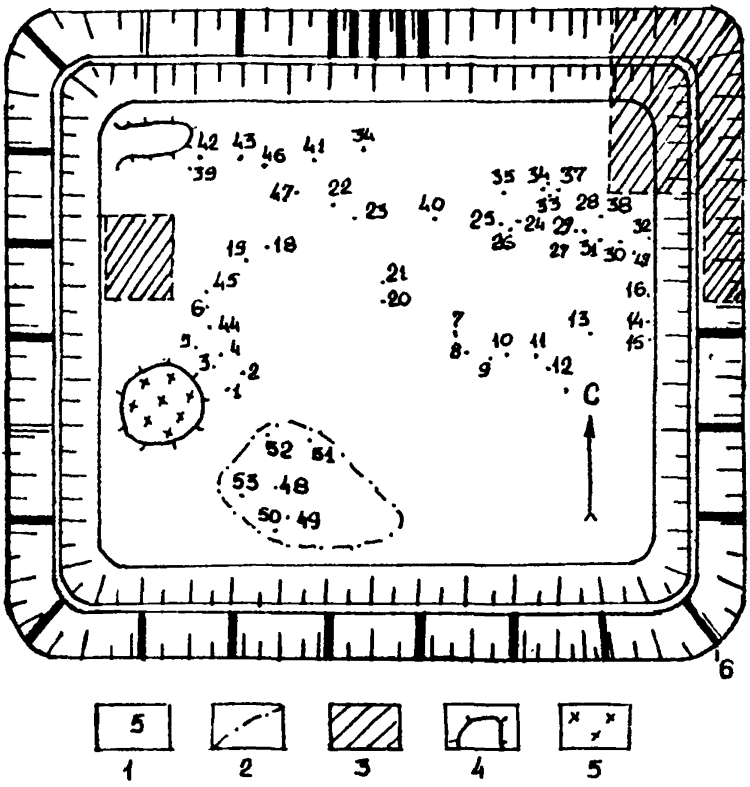
покрытия, м, по данным комбинированного электропрофилирования
параметров и использованных
(вертикального электрического зондирования) составляет от _____м
методов
до _____м, в среднем_____м.

От_____:
наименование организации-заказчика

Подписи

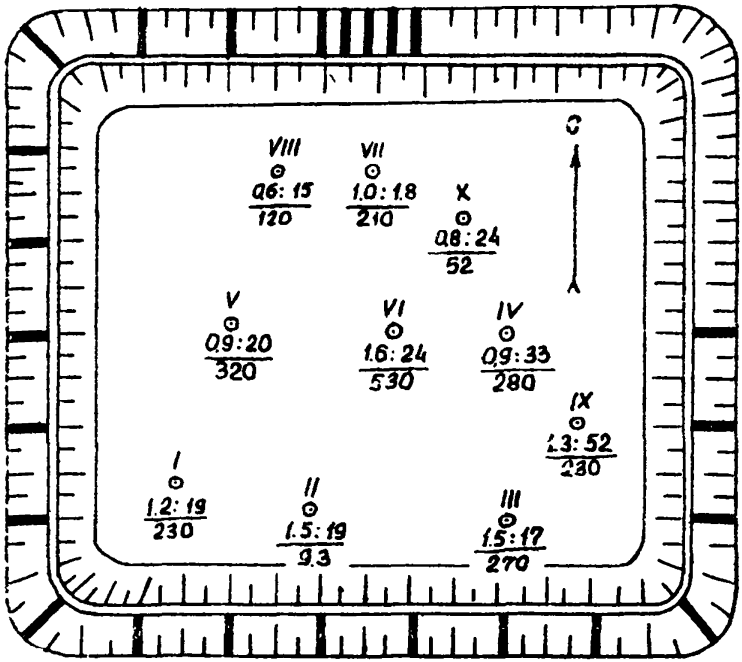
От _____:
наименование контролирующей организации

Подписи



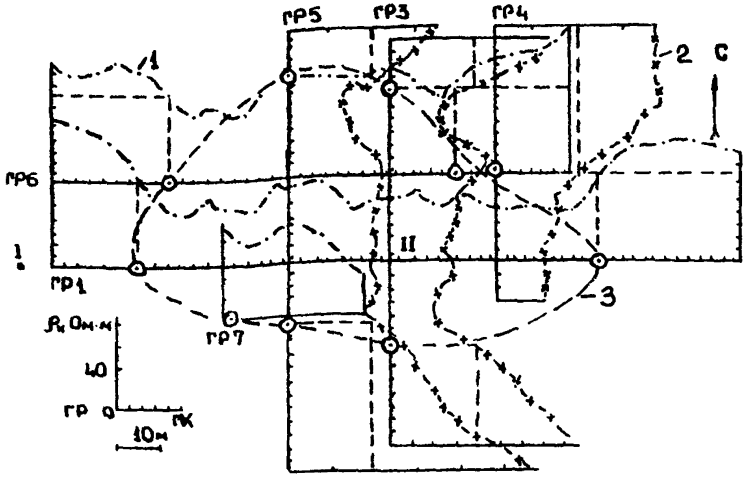
Пример схемы расположения аномалий электропрофилирования, выявленных в ложе шламонакопителя:

I - местоположение и номер аномалии; 2 - граница зоны повышенной поврежденности пленочного экрана; 3 - площадь незавершенного строительства экрана; 4 - граница участка со значительной мощностью покрытия; 5 - площадь с резко изменчивой мощностью покрытия; 6 - сливной лоток



Пример схемы расположения и основные результаты вертикального электрического зондирования:

кружком и римскими цифрами обозначено местоположение точки ВЭЗ и ее номер; в числителе – значения удельного электрического сопротивления, Ом·м, и мощности покрытия, м; в знаменателе – значение мощности эквивалентного грунтового экрана,м



Пример карты графиков электропрофилирования потенциальной установкой АЗМ над зоной повышенной поврежденности пленочного экрана:

I и 2 - графики $\rho_к$ на продольных и поперечных профилях; 3 - граница зоны повышенной поврежденности пленочного экрана; римскими цифрами обозначены точки ВЗЗ

Литература

I. Блох И.М. Электропрофилирование методом сопротивлений. М., I962, 208 с.

2. Временные указания по технологии возведения намывных хвостохранилищ горно-обогатительных комбинатов (РСН-275-75). Киев, I975, I79 с.

3. Большакова Ю.С., Велецкая Л.М., Кузовков Г.М. и др. Глинистые экраны грунтовых хранилищ для водных токсичных растворов электролитов. I968, 42 с.

4. Временные рекомендации по применению противофильтрационных экранов из полиэтиленовых пленок на гидротехнических сооружениях промышленных предприятий. Белгород, I977, 37 с.

5. Гольдин Г.Р., Миронов А.А., Панасенко Г.А. Геофизические исследования качества укладки пленочного экрана//Гидротехника и мелиорация. I973, № 7, с.34-36.

6. Единые нормы времени и расценки на изыскательские работы.4.I. Инженерно-геодезические изыскания. М., I983, 343 с.

7. Единые нормы времени и расценки на изыскательские работы.4.II. Инженерно-геологические изыскания. М., I983, 440 с.

8. Инструкция по строительству намывных хвостохранилищ горно-химических комбинатов (заводов) (РСН-30I-78). Киев, I978, I46 с.

9. Инструкция по проектированию и строительству противофильтрационных устройств из полиэтиленовой пленки для искусственных водоемов. СН55I-82. М., I983, 40 с.

I0. Инструкция по электроразведке. Л., I984, 352 с.

II. Костарев В.П., Лунтер В.А., Малахов В.Е. Геофизический контроль шламохранилища с полиэтиленовым экраном/ Пермский МТЦ НТИ и П. Инф. листок № 230-85, 3 с.

I2. Лыков А.В. Теория тепло- и массопереноса. М., I963, 535 с.

I3. Недрига В.П. Инженерная защита подземных вод от загрязнения промышленными стоками. М., I976, 95 с.

I4. Патрашев А.Н., Арутюнян А.Х. Диффузия солей при одномерной фильтрации// Известия ВНИИГ. I94I, т.30.

I5. Пленочные противофильтрационные устройства гидротехнических сооружений/ В.Д.Глебов, И.Е.Кричевский, В.Н.Лысенко и др. М., I976, I52 с.

I6. Полубаринова - Кочина П.Я. Теория движения грунтовых вод.М., I952, 676 с.

I7. Приклонский В.П. Грунтоведение. М., I955, 429 с.

18. Пылаев А.М. Руководство по интерпретации вертикальных электрических зондирований. М., 1968, 148 с.

19. Рекомендации по проектированию, строительству и эксплуатации пленочных противофильтрационных устройств накопителей сточных вод промышленных предприятий/ВНИИ ВОДГЕО, М.,1978, 128 с.

20. Рельтов Б.Ф. О внешнем капиллярном давлении и водонасыщенных грунтах//Известия ВНИИГ. 1949, т.39.

21. Сборник цен на изыскательские работы для капитального строительства. М., 1982, 406 с.

22. СНиП 2.06.05-04. Плотины из грунтовых материалов. М., 1985, 31 с.

23. Указания по применению битумно-полимерной клеющей мастики для соединения пленочных противофильтрационных экранов в полевых условиях. Новочеркасск, 1985, 35 с.

24. Указания по применению полиэтиленовых противофильтрационных устройств для плотин из грунтовых материалов ВСН 07-74. Л., 1975, 38 с.

25. Флорин В.А. Основы механики грунтов. М., 1961, т.1, 356 с.

26. Хмелевской В.К. Электроразведка. М., 1984, 468 с.

27. Шестаков В.М. Основы гидрогеологических расчетов при фильтрации из хранилищ промышленных стоков. М., 1961, 100 с.

28. Экранирование хвостохранилища Лебединского ГОКа намывом хвостов/А.Т.Колашников, И.И.Неляпин, В.Г.Мельник и др. Горный журнал, 1985, № 3, с.38-40.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Общие положения 3

I. Основные требования к противофильтрационным экранам хвостохранилища 4

2. Экраны из глинистых материалов 6

3. Экраны из полиэтиленовой пленки . . . . . IO

4. Технология сооружения противофильтрационного экрана из хвостов I8

5. Геофизические методы контроля качества грунтопленочных противофильтрационных экранов 24

Приложения 33

Литература 5I

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ЭКРАНИРОВАНИЮ ХВОСТОХРАНИЛИЩ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ
КОМБИНАТОВ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Научный редактор канд. техн. наук Ю. В. Пономаренко
Литературный редактор Л. А. Порубай
Корректор М. П. Елинсон. Художник Б. М. Попов

Подписано к печати 23 декабря 1987 г.
Объем 3,1 уч.-изд.л. Тираж 280 экз. Заказ № 590
Ротапринт ВИОГЕМ, Белгород, Б. Хмельницкого, 86

gost.e-ecolog.ru