



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2007109589/03, 15.03.2007

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
15.03.2007

(43) Дата публикации заявки: 20.09.2008

(45) Опубликовано: 10.02.2009 Бюл. № 4

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2155253 C1, 27.08.2000. SU 1802034 A1, 15.03.1993. SU 918383 A, 10.04.1982. SU 246387 A, 30.10.1969. SU 1493719 A1, 15.07.1989. SU 1063915 A, 30.12.1983.

Адрес для переписки:

660111, г.Красноярск, ул. Пограничников, 37,
стр.1, ИТЦ филиала ООО "РУС-Инжиниринг" в г.
Красноярске, начальнику патентно-
информационного отдела С.А. Пановой

(72) Автор(ы):

Ягин Василий Петрович (RU),
Вайкум Владимир Андреевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной ответственностью
"Русская инжиниринговая компания" (RU)

(54) ГРУНТОВАЯ ПЛОТИНА

(57) Реферат:

Изобретение относится к гидротехническому строительству, а именно к грунтовым плотинам (дамбам) с противофильтрационным устройством. Плотина включает верховую и низовую призмы и расположенный между ними водопроницаемый слой, выполненный из геотекстиля, к которому с низовой стороны примыкает защитный слой. Верховая призма или, по меньшей мере, ее элемент выполнены из суффозионного грунта. Расчетный диаметр водопроводящего отверстия геотекстиля

$D_{\text{о}}^{\text{расч г}}$ на каждом его участке обеспечивает сначала создание непосредственно перед геотекстилем переходного слоя, в пределах которого поровое пространство в материале верховой призмы кольматировано несвязным грунтом по принципу обратного фильтра, затем создание перед этим переходным слоем противофильтрационного слоя, в пределах которого поровое пространство в материале верховой призмы кольматировано связным грунтом. Расчетный диаметр водопроводящего отверстия геотекстиля $D_{\text{о}}^{\text{расч г}}$ на каждом его

участке удовлетворяет условиям:

$$D_{\text{о}}^{\text{расч г}} \leq d_{\text{сг}}^{\text{доп}},$$

$$D_{\text{о}}^{\text{расч г}} < d_{\text{сг}}^{\text{макс ф}},$$

$$\text{и } D_{\text{о}}^{\text{расч г}} < d_{\text{сг}}^{\text{макс п}},$$

где $d_{\text{сг}}^{\text{доп}}$ - максимальный диаметр

суффозионных частиц грунта, перемещение которых в направлении геотекстиля фильтрационным потоком временно допустимо;

$d_{\text{сг}}^{\text{макс ф}}$ - максимальный диаметр частиц грунта,

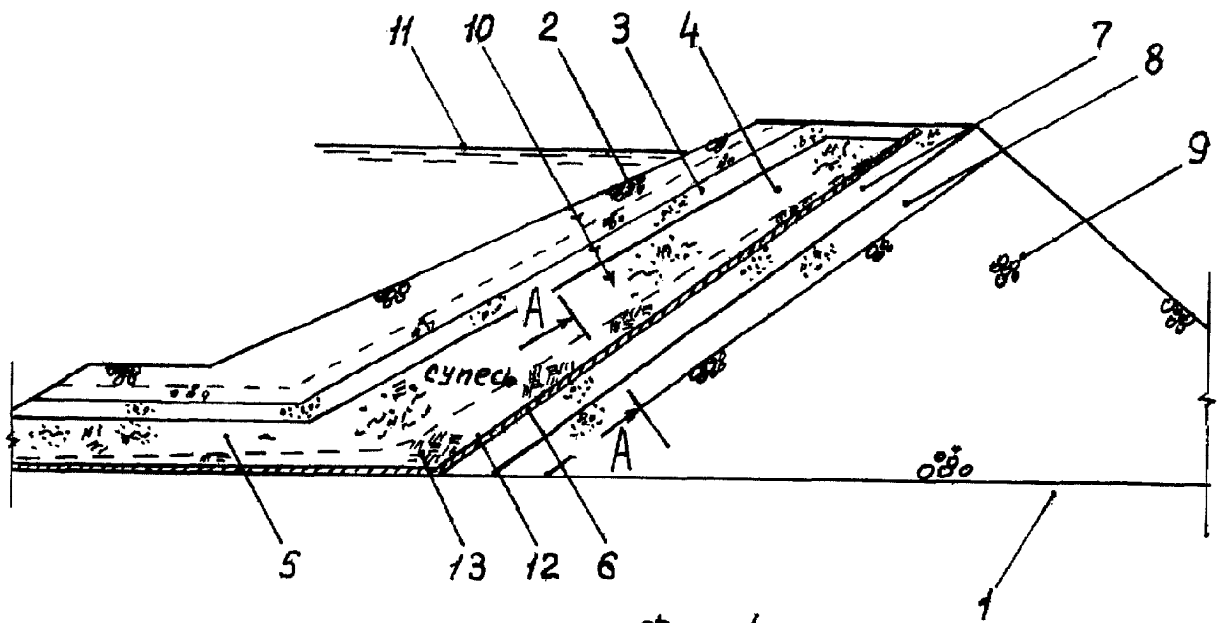
для которых параметры фильтрационного потока, установившегося непосредственно после подъема уровня воды перед плотиной, обеспечивают возможность их перемещения из верховой призмы к рассматриваемому участку геотекстиля;

$d_{\text{сг}}^{\text{макс п}}$ - максимальный диаметр частиц грунта,

для которых геометрические размеры пор в грунте верховой призмы обеспечивают возможность их перемещения к рассматриваемому участку геотекстиля. Изобретение позволяет повысить надежность плотины и ее сейсмостойкость за счет повышения качества противофильтрационного слоя и снизить затраты за счет упрощения работ при возведении плотины. 2 з.п. ф-лы, 5 ил., 1 табл.

RU 2 346 107 C2

RU 2 346 107 C2



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 2007109589/03, 15.03.2007

(24) Effective date for property rights: 15.03.2007

(43) Application published: 20.09.2008

(45) Date of publication: 10.02.2009 Bull. 4

Mail address:

660111, g.Krasnojarsk, ul. Pogranichnikov,
37, str.1, ITTs filiala OOO "RUS-Inzhiniring"
v g. Krasnojarske, nachal'niku patentno-
informatsionnogo otdela S.A. Panovoj

(72) Inventor(s):

Jagin Vasilij Petrovich (RU),
Vajkum Vladimir Andreevich (RU)

(73) Proprietor(s):

Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju
"Russkaja inzhiniringovaja kompanija" (RU)

(54) **EARTH DAM**

(57) Abstract:

FIELD: construction.

SUBSTANCE: invention is related to hydrotechnical construction, namely to earth dams with antifiltration device. Dam comprises upper and lower prisms and geotextile water-permeable layer installed in between with protective layer adjacent on the lower side. Upper prism or at least its element is made of suffusion soil. Rated diameter of geotextile water-conveying opening $D_0^{rate\ g}$ in its every section at first provides creation of transitional layer directly upstream geotextile, where pore space in material of upper prism is mudded with non-cohesive soil according to principle of return filter, then creation of antifiltration layer upstream of this transitional layer, where pore space in upper prism material is mudded by cohesive soil. Rated diameter of geotextile water-conveying opening $D_0^{rate\ g}$

in its every section satisfies the following conditions:

$$D_0^{rate\ g} \leq d_{cl}^{poss},$$

$$D_0^{rate\ g} < d_{cl}^{max\ f},$$

$$\text{and } D_0^{rate\ g} < d_{cl}^{max\ n},$$

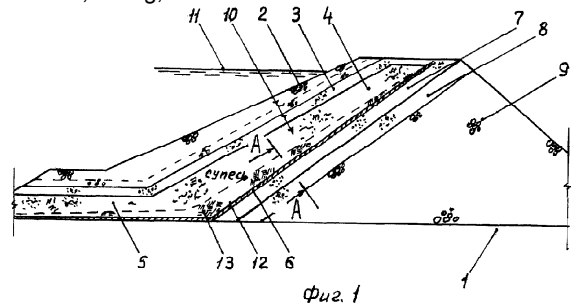
, where d_{cl}^{poss} - maximum diameter of suffusion soil particles, displacement of which by

filtration flow in direction of geotextile is temporarily impossible; $d_{cl}^{max\ f}$ - maximum diameter

of soil particles, for which parameters of filtration flow established directly after water level increase upstream the dam, provide possibility of their displacement from upper prism to considered section of geotextile; $d_{cl}^{max\ n}$ - maximum diameter of soil particles, for which geometric dimensions of pores in soil of upper prism provide possibility of their displacement to considered section of geotextile.

EFFECT: higher reliability of dam and its seismic stability by increase of antifiltration layer quality and reduce expenses by simplification of works in process of dam erection.

3 cl, 5 dwg, 4 ex



RU 2 346 107 C2

RU 2 346 107 C2

Изобретение относится к гидротехническому строительству, в частности к грунтовым плотинам (дамбам) с противofильтрационным устройством (ПФУ).

Большинство грунтовых плотин содержит ПФУ, которое располагается внутри тела плотины или на ее верховом (напорном) откосе и выполняется из грунтового или негрунтового материала. Такое ПФУ в полной или в достаточной мере предотвращает образование фильтрационного потока в грунтовой плотине, что ограничивает объем фильтрующей воды через плотину и одновременно с этим предотвращает в ней фильтрационные деформации, прежде всего механическую суффозию грунта. В тех случаях, когда предотвращение фильтрационных деформаций является основным назначением ПФУ, оно может быть названо противосуффозионным (ПСУ). Основным недостатком широко известных конструкций ПФУ (ПСУ) является сложность работ и дороговизна применяемых при их выполнении материалов [1]. При этом всегда присутствует в той или иной мере неопределенность при работе ПФУ, что обуславливает недостаточную надежность плотины.

В грунтовых плотинах при выполнении ПФУ из полимеров широко используется геотекстиль в качестве прокладок полимерной пленки или в качестве дренажного материала между полимерными пленками [2], а при выполнении ПФУ из грунтового материала - в качестве дополнительного переходного слоя [3]. Недостатком таких плотин является сложность работ при возведении из-за того, что их ПФУ выполняется многослойным. При этом геотекстиль работает недостаточно продуктивно из-за того, что сам он не выполняет противofильтрационные функции. Коэффициент трения материала по гладкой полимерной пленке низкий, поэтому в случае выполнения ПФУ в виде экрана необходимо или верховой откос плотины выполнять более пологим, или применять структурированную полимерную пленку с искусственными выступами на ее поверхности, что ведет к удорожанию плотины.

Известно ПФУ, содержащее два слоя геотекстиля и заключенный между ними слой бентонита. Такое ПФУ чаще всего применяется в плотинах при создании хранилищ отходов [4]. Недостатком плотины с таким ПФУ является то, что при динамическом сотрясении, например при землетрясении, в водонасыщенном и набухшем бентоните вследствие возникшей в нем акустической пузырьковой кавитации происходит дробление крупных агрегатных частиц на более мелкие, при этом их электромолекулярное (физико-химическое) взаимодействие между собой и поверхностью геотекстиля нарушается. После чего напорная вода продавливает бентонит через отверстия в геотекстиле за пределы ПФУ, которое после этого перестает выполнять в полной мере свои противofильтрационные функции.

Наиболее близкой к предлагаемой является грунтовая плотина, включающая верховую и низовую призмы, выполненные из грунтового материала, и расположенный между ними разделительный слой, снабженный верховым и низовым защитным слоем и выполненный из водопроницаемых минераловолокнистых плит, уложенных в два (или более) слоя. Такой разделительный слой обеспечивает после подъема уровня воды перед плотиной создание противofильтрационного слоя путем кольматации порового пространства в минераловолокнистых плитах [5].

Известная плотина, выбранная в качестве прототипа и чаще всего используемая в водохозяйственных объектах, имеет следующие недостатки.

1. В случае выполнения верховой призмы водохранилищной плотины из несуффозионного грунта в фильтрационном потоке может не оказаться в достаточном количестве взвешенных частиц, необходимых для качественной кольматации порового пространства в минераловолокнистых плитах, что снизит надежность плотины.

2. Мелкие частицы под действием фильтрационного потока должны проникнуть в минераловолокнистые плиты на глубину, достаточную для образования качественного противofильтрационного слоя. Однако при таком проникновении наиболее мелкие частицы, способные образовать высокопрочную связную структуру, фильтрационным потоком могут быть вынесены за пределы минераловолокнистых плит, особенно при

динамическом (сейсмическом) сотрясении. В результате этого качественный противофильтрационный слой естественным путем может не сформироваться из-за отсутствия в нем связности, что также снизит надежность плотины.

3. На создание разделительного слоя требуется относительно большой объем минераловолокнистых плит, что усложняет работы, а в случае доставки таких плит в отдаленные районы воздушным транспортом обуславливает высокие затраты.

Задачей, на решение которой направлено заявляемое изобретение, является повышение надежности плотины и снижение затрат на ее создание. Технический же результат от использования изобретения заключается в повышении качества, включая сейсмостойкость, противофильтрационного слоя, создаваемого путем кольматации порового пространства в слое материала с верховой стороны от защитного слоя, а также в упрощении работ при выполнении разделительного слоя и в снижении затрат на его создание.

Задача решается, а технический результат достигается тем, что в грунтовой плотине, включающей верховую и низовую призмы, выполненные из грунтового материала, и расположенный между ними разделительный слой, выполненный из водопроницаемого волокнистого материала, к которому с низовой стороны примыкает защитный слой и который после подъема уровня воды перед плотиной обеспечивает создание противофильтрационного слоя путем кольматации порового пространства в материале с верховой стороны от защитного слоя, согласно изобретению верховая призма или, по меньшей мере, ее элемент выполнен из суффозионного грунта, а разделительный слой выполнены из геотекстиля. Расчетный диаметр водопроводящего отверстия геотекстиля $D_o^{\text{расч г}}$ на каждом его участке определен из условий обеспечения сначала создания непосредственно перед геотекстилем переходного слоя, в пределах которого поровое пространство в материале верховой призмы кольматировано несвязным грунтом по принципу обратного фильтра, а затем создания перед этим переходным слоем противофильтрационного слоя, в пределах которого поровое пространство в материале верховой призмы кольматировано связным грунтом. При этом расчетный диаметр водопроводящего отверстия геотекстиля $D_o^{\text{расч г}}$ на каждом его участке удовлетворяет

условиям:

$$D_o^{\text{расч г}} \leq d_{ci}^{\text{доп}},$$

$$D_o^{\text{расч г}} < d_{ci}^{\text{макс ф}},$$

$$\text{и } D_o^{\text{расч г}} < d_{ci}^{\text{макс п}},$$

где $d_{ci}^{\text{доп}}$ - максимальный диаметр суффозионных частиц грунта, перемещение которых в направлении геотекстиля фильтрационным потоком временно допустимо;

$d_{ci}^{\text{макс ф}}$ - максимальный диаметр частиц грунта, для которых параметры фильтрационного потока, установившегося непосредственно после подъема уровня воды перед плотиной, обеспечивают возможность их перемещения из верховой призмы к рассматриваемому участку геотекстиля.

$d_{ci}^{\text{макс п}}$ - максимальный диаметр частиц грунта, для которых геометрические размеры пор в грунте верховой призмы обеспечивают возможность их перемещения к рассматриваемому участку геотекстиля;

Максимальный диаметр фильтрационных пор в защитном слое $D_o^{\text{макс н}}$ удовлетворяет

условию

$$D_o^{\text{макс н}} \leq 15 \text{ мм}$$

или условию

$$D_o^{\text{90н}} \leq 4 \text{ мм},$$

где $D_o^{\text{90н}}$ - диаметр фильтрационных пор 90%-ной обеспеченности в защитном слое.

Сущность технического решения заключается в том, что разделительный слой в грунтовой плотине выполнен из геотекстиля, расчетный диаметр водопроводящего

отверстия $D_o^{расчг}$ которого на каждом его участке определен из условий обеспечения сначала создания непосредственно перед геотекстилем переходного слоя, в пределах которого поровое пространство в материале верховой призмы кольматировано несвязным грунтом по принципу обратного фильтра, а затем создания перед этим переходным слоем

5 противofильтрационного слоя, в пределах которого поровое пространство в материале верховой призмы кольматировано связным грунтом.

Таких условий три. Первое условие $D_o^{расчг} \leq d_{ci}^{доп}$ заключается в том, что количество мелких частиц, не зацементированных в скелете грунта верховой призмы и способных пройти

10 через геотекстиль, должно быть ограничено, второе условие $D_o^{расчг} < d_{ci}^{макс ф}$, заключается в том, что параметры фильтрационного потока должны обеспечить возможность перемещения к геотекстилю необходимого количества частиц грунта, размеры которых не позволяют пройти им через геотекстиль, а третье условие $D_o^{расчг} < d_{ci}^{макс п}$ заключается в том, что поры грунта в верховой призме должны быть способными пропустить к

15 геотекстилю необходимое количество частиц грунта, размеры которых не позволяют пройти им через геотекстиль.

Относительно устанавливаемых проектом параметров $D_o^{расчг}$, $d_{ci}^{доп}$, $d_{ci}^{макс ф}$, $d_{ci}^{макс п}$, $D_o^{макс н}$ и $D_o^{сдн}$, а также механизма достижения технического результата отмечаем следующее.

20 1. Расчетный диаметр $D_o^{расчг}$ водопроводящего отверстия в геотекстиле следует назначать исходя из результатов исследования геотекстиля, выполненного по специальной программе, а предварительно - исходя из представленных изготовителем данных об эффективном размере пор в геотекстиле.

Исследование может заключаться в том, что в лабораторной установке водопроводящий тракт перегораживают исследуемым геотекстилем, с напорной стороны которого помещают суффозионный грунт и в нем создают фильтрационный поток с заданными параметрами. После чего профильтрованную через геотекстиль воду собирают, из нее извлекают твердый осадок и исследуют его зерновой состав. Такое исследование позволяет

25 обоснованно назначать расчетный диаметр отверстия в геотекстиле $D_o^{расчг}$, а также судить о скорости формирования противofильтрационного слоя и о его качестве.

2. По сложившейся практике считается, что без ущерба для конструкции из грунта могут быть вынесены самые мелкие частицы, количество которых не превышает 3-5% по массе. Такой грунт считается несуффозионным [1]. Максимальные параметры

35 фильтрационного потока (скорость фильтрации, градиент напора) в верховой призме действуют кратковременно и только непосредственно после подъема уровня воды перед плотиной до начала создания естественным путем ПФУ - сначала создается переходный, а затем противofильтрационный слой. Поэтому максимальный диаметр суффозионных частиц грунта $d_{ci}^{доп}$, не зацементированных в скелете грунта и перемещение которых в

40 направлении геотекстиля постоянно ослабевающим фильтрационным потоком временно допустимо, может достигать 10-20% по кривой гранулометрического состава.

3. Максимальный диаметр частиц грунта $d_{ci}^{макс ф}$, для которых параметры фильтрационного потока, установившегося непосредственно после подъема уровня воды перед плотиной, обеспечивают возможность их перемещения из верховой призмы к

45 рассматриваемому участку геотекстиля, после установления параметров фильтрационного потока может быть определен по известным математическим формулам [6], а также лабораторными исследованиями.

4. Максимальный диаметр частиц грунта $d_{ci}^{макс п}$, для которых геометрические размеры пор в грунте верховой призмы обеспечивают возможность их перемещения к

50 рассматриваемому участку геотекстиля, может быть определен из известного соотношения [7]:

$$d_{ci}^{макс п} = 0,77 D_o^{макс в},$$

где $D_0^{\text{макс в}}$ - максимальный диаметр фильтрационных пор грунта верховой призмы, непосредственно примыкающего к геотекстилю с его верховой стороны, который может быть определен математически по зерновому составу грунта.

5 По мере старения геотекстиля его прочность уменьшается. При очень длительном сроке существования плотины (десятки лет) качество противофильтрационного слоя повышается, а геотекстиль может полностью утратить прочность. Поэтому при конструировании сопряжения формируемого противофильтрационного слоя с защитным слоем, примыкающим к нему с нижней стороны, целесообразно не учитывать геотекстиль (он и тонкий переходный слой как бы отсутствуют), что повысит надежность плотины. При допущении небольшого отслоения глинистых частиц от противофильтрационного слоя для сооружений II-IV классов максимальный диаметр фильтрационных пор в защитном слое по методике ВНИИГ [6] должен удовлетворять условию

$$D_0^{\text{макс н}} \leq 15 \text{ мм.}$$

15 При недопущении отслаивания глинистых частиц от противофильтрационного слоя диаметр пор 90%-ной обеспеченности $D_0^{90\text{н}}$ в защитном слое по методике ВОДГЕО (В.С.Истомина) должен удовлетворять условию [1]

$$D_0^{90\text{н}} \leq 4 \text{ мм.}$$

20 6. Может оказаться, что ограниченное число отверстий в геотекстиле имеет максимальный диаметр $D_0^{\text{макс г}} > D_0^{\text{расч г}}$. Возле такого отверстия может раскрыться ход сосредоточенной фильтрации. В этом случае, если $D_0^{\text{макс г}} \leq d_{\text{сг}}^{\text{доп}}$, то следует проверить на геометрическую непроходимость (непросыпаемость) через такое отверстие частиц диаметром $d_{\text{сг}}^{\text{макс ф}}$ из условия

$$25 \quad d_{\text{сг}}^{\text{макс ф}} \geq 0,77 D_0^{\text{макс г}}.$$

Если и это условие не выполняется, то для хода сосредоточенной фильтрации, который может образоваться вблизи максимального диаметра $D_0^{\text{макс г}}$, следует сначала уточнить параметры фильтрационного потока и гранулометрический состав грунта в пределах этого хода сосредоточенной фильтрации, а затем по ним уточнить:

30 $d_{\text{сг}}^{\text{макс ф ут}}$ - уточненный максимальный диаметр частиц грунта, для которых новые

параметры фильтрационного потока перед водопроводящим отверстием геотекстиля диаметром $D_0^{\text{макс г}}$ обеспечивают возможность их перемещения к такому отверстию;

35 $d_{\text{сг}}^{\text{макс п ут}}$ - уточненный максимальный диаметр частиц грунта, для которых повышенные

размеры пор перед водопроводящим отверстием геотекстиля диаметром $D_0^{\text{макс г}}$

обеспечивают возможность их перемещения к такому отверстию.

40 После этого следует проверить непроходимость частиц с уточненными диаметрами $d_{\text{сг}}^{\text{макс ф ут}}$ и $d_{\text{сг}}^{\text{макс п ут}}$ через водопроводящее отверстие в геотекстиле с максимальным диаметром $D_0^{\text{макс г}}$ на выполнение условий

$$d_{\text{сг}}^{\text{макс ф ут}} \geq 0,77 D_0^{\text{макс г}}$$

$$\text{и } d_{\text{сг}}^{\text{макс п ут}} \geq 0,77 D_0^{\text{макс г}}.$$

45 Следует иметь в виду, что выполнение этих двух условий не гарантирует качественное создание противофильтрационного слоя, поэтому в этом случае вопрос о возможности использования рассматриваемого геотекстиля в конкретных условиях может быть решен только специальными исследованиями.

50 7. Механизм кольматации порового пространства в материале, примыкающем к геотекстилю с верховой стороны, может быть для наглядности представлен на примере следующим образом.

Пусть исследованием установлена величина расчетного диаметра водопроводящего отверстия геотекстиля $D_0^{\text{расч г}} = 0,1 \text{ мм}$. После подъема уровня воды перед плотиной в

процессе задержания частиц грунта происходит сначала создание непосредственно перед геотекстилем переходного слоя, в пределах которого поровое пространство в материале верховой призмы кольматировано несвязным грунтом, а затем создание перед этим переходным слоем противofильтрационного слоя, в пределах которого поровое пространство в материале верховой призмы кольматировано связным грунтом. Полагаем, что в переходном слое кольматирование происходит очень тонкими слоями (далее: микрослоями), размеры частиц грунта в которых уменьшаются по мере удаления микрослоя от геотекстиля. При этом в первом (считая от геотекстиля) микрослое содержатся частицы с минимальным диаметром $d_{\text{мин}}^i = D_0^{\text{расч г}} = 0,1 \text{ мм} < d_{\text{си}}^{\text{доп}}$.

В каждом последующем i -ом микрослое, используя известные формулы ВНИИГ, из условия непросыпаемости определяем минимальные диаметры

$$d_{\text{мин}}^i = 0,77 D_0^{\text{макс } i-1},$$

где $D_0^{\text{макс } i-1}$ - максимальный диаметр фильтрационных пор в предыдущем $i-1$ -ом

микрослое.

Максимальный диаметр фильтрационных пор в каждом i -ом микрослое $D_0^{\text{макс } i}$ определяем по формуле ВНИИГ:

$$D_0^{\text{макс } i} = 0,455 \cdot (1 + 0,05\eta) \cdot \sqrt[n]{n} \cdot \frac{n}{n-1} \cdot d_{17} = 0,376 \cdot d_{17} = 0,45 \cdot d_{\text{мин}}^i,$$

где для каждого микрослоя переходного слоя с учетом особенностей их создания принимаем коэффициент разнoзерности грунта $\eta = d_{60} / d_{10} = 2$, пористость $n=0,4$, диаметр частиц слоя 17%-ной обеспеченности $d_{17} = 1,2 d_{\text{мин}}^i$.

Результаты расчета по микрослоям сведены в таблицу.

№ i -го микрослоя (от геотекстиля)	$d_{\text{мин}}^i$, мм	$D_0^{\text{макс } i}$, мм
1	0,1000	0,0450
2	0,0347	0,0156
3	0,0120	0,0054
4	0,0042	0,0019
5	0,0014	0,0006
Сумма	0,1523	

Из таблицы следует, что при переходе от одного микрослоя из несвязного грунта к другому их параметры $d_{\text{мин}}^i$ и $D_0^{\text{макс } i}$ уменьшаются в $1/0,77 \times 0,45 = 2,9$ раза. Уже в 6-ом

микрослое присутствуют глинистые частицы с диаметром менее 0,001 мм. Такие частицы являются коллоидными и при наличии их в грунте около 2,5-3% и более они придают кольматанту, следовательно, и грунту в целом структурную прочность [8]. Сумма диаметров $d_{\text{мин}}^i$ пяти микрослоев около 0,15 мм. Несмотря на вынужденные допущения и условности, приведенные расчеты показывают, что суммарная толщина несвязных микрослоев, следовательно, и всего переходного слоя, покрывающего геотекстиль, менее 1 мм. В дальнейшем будет осуществляться создание непосредственно перед переходным слоем противofильтрационного слоя путем заполнения (кольматации) порового пространства в грунте верховой призмы связным грунтом.

Первоначально противofильтрационный слой имеет малую толщину, исчисляемую сначала миллиметрами и только после определенного промежутка времени - сантиметрами. Именно в этот начальный период формирования противofильтрационного слоя грунт испытывает высокое силовое воздействие воды, фильтрующей в нем с исключительно высокими градиентами. Создание в связном грунте противofильтрационного слоя высокого напряжения сопровождается уплотнением грунта, прежде всего кольматанта, и выдавливанием из него практически всей свободной воды (вода сама себя выдавливает из грунта), а оставшаяся связная вода закупоривает в грунте противofильтрационного слоя все поры. Все это придает грунту противofильтрационного слоя высокую плотность и низкую водопроницаемость.

Одновременно с этим высококачественный переходный слой, созданный из несвязного грунта естественным путем по принципу обратного фильтра, повышает надежность работы противофильтрационного слоя в условиях динамического (сейсмического) сотрясения. Даже при разжижении связного грунта в порах зернистого материала

5 противофильтрационного слоя и утраты им связности, как крайний случай при сильном сотрясении, мелкие агрегатные частицы не способны пройти через переходный слой к геотекстилю, который сам не способен задержать эти частицы. Все это повышает сейсмостойкость плотины в целом.

Создать плотину с переходным и противофильтрационным слоем такого высокого
10 качества из карьерных грунтов известными на настоящий момент экономичными способами и средствами не представляется возможным. Создание же кольматацией такого переходного и противофильтрационного слоя в плотине обеспечивается геометрической непроницаемостью (непросыпаемостью) частиц грунта заданных размеров через
15 геотекстиль, диаметр водопроводящих отверстий которого определен из ранее указанных условий. Именно раскрытый в описании изобретения механизм (вода сама себя выдавливает из грунта, формирование между геотекстилем и противофильтрационным слоем переходного слоя) обеспечивает достижение технического результата (высокое качество противофильтрационного слоя, его сейсмостойкость), причем этот механизм не известен из уровня техники. Все это, несмотря на кажущуюся простоту, позволяет
20 сделать вывод о соответствии предлагаемого технического решения как критерию «Новизна», так и критерию «Изобретательский уровень».

Изобретение иллюстрируется чертежами, в которых на фиг.1-5 изображены четыре примера грунтовой плотины, возводимой при отсутствии карьеров качественных связных
25 грунтов, со следующим местом расположения в ней разделительного слоя из геотекстиля:

на фиг.1 - под экраном и понуром из супеси;

на фиг.2 - разрез А-А на фиг.1;

на фиг.3 - на низовой грани ядра из супеси;

на фиг.4 - в центральной части однородной плотины из неоднородного пылеватого
30 песка;

на фиг.5 - в центральной части однородной плотины из гравелистого песка, возводимой
по высоте в две очереди.

Пример 1 (фиг.1 и 2). Плотина возведена на основании 1 и от верхнего бьефа к
нижнему бьефу последовательно включает пригрузку 2, верхнюю переходную зону 3, экран
4, переходящий в понур 5 и выполненный из суффозионной супеси, геотекстиль 6,
35 защитный слой 7, низовую переходную зону 8 и низовую призму 9, выполненную из
каменной наброски. Пригрузка 2, переходный слой 3, экран 4 и понур 5 образуют
верхнюю призму 10, элементами которой они являются. Геотекстиль 6 выполнен
водопроницаемым из волокнистого материала и характеризуется тем, что расчетный
диаметр его водопроводящего отверстия $D_o^{расчг}$ на каждом участке геотекстиля

40 удовлетворяет условиям, обеспечивающим после подъема уровня воды перед плотиной 11
сначала создание непосредственно перед геотекстилем переходного слоя 12, в пределах
которого поровое пространство в материале верхней призмы кольматировано несвязным
грунтом по принципу обратного фильтра, а затем создание перед этим переходным слоем
45 12 противофильтрационного слоя 13, в пределах которого поровое пространство в
материале верхней призмы кольматировано связным грунтом.

Эти условия заключаются в том, что

$$D_o^{расчг} \leq d_{ci}^{доп},$$

$$D_o^{расчг} < d_{ci}^{макс ф},$$

50 и $D_o^{расчг} < d_{ci}^{макс п},$

где $d_{ci}^{доп}$ - максимальный диаметр суффозионных частиц грунта, перемещение которых в
направлении геотекстиля фильтрационным потоком временно допустим;

$d_{ci}^{макс ф}$ - максимальный диаметр частиц грунта, для которых параметры фильтрационного потока, установившегося непосредственно после подъема уровня воды перед плотиной, обеспечивают возможность их перемещения из верховой призмы к рассматриваемому участку геотекстиля;

5 $d_{ci}^{макс п}$ - максимальный диаметр частиц грунта, для которых геометрические размеры пор в грунте верховой призмы обеспечивают возможность их перемещения к рассматриваемому участку геотекстиля.

10 Защитный слой 7 примыкает непосредственно к геотекстилю 6 с его нижней стороны, выполнен из песчано-гравийного грунта, а его максимальный диаметр фильтрационных пор $D_o^{макс н}$ удовлетворяет условию

$$D_o^{макс н} \leq 15 \text{ мм}$$

15 или его диаметр фильтрационных пор 90%-ной обеспеченности $D_o^{90н}$ удовлетворяет условию $D_o^{90н} \leq 4 \text{ мм}$.

Плотина работает следующим образом.

20 После первого подъема уровня воды 11 перед плотиной установившийся фильтрационный поток воды через плотину имеет высокий расход, а скорости воды по его линиям тока имеют максимальную величину. Поток взвешивает мелкие частицы грунта в верховой призме, прежде всего в экране 4 и понуре 5, и по порам грунта перемещает их к геотекстилю 6. Частицы, диаметр которых меньше диаметра водопроводящих отверстий геотекстиля 6, в большинстве случаев проходят через геотекстиль 6 и вместе с водой следуют в нижний бьеф. Более крупные частицы задерживаются геотекстилем 6 и они создают первый микрослой переходного слоя 12. В последующем происходит задержание последовательно уменьшающихся частиц вплоть до коллоидных. Этим заканчивается создание естественным путем переходного слоя, толщина которого обычно не превышает 1 мм. Этот слой 12 покрывает с верховой стороны геотекстиль 6, в котором поры заcolmатированы несвязным грунтом, а размеры частиц резко уменьшаются по мере удаления от геотекстиля по принципу обратного фильтра. Поэтому переходный слой 12 задерживает все мелкие, в том числе и коллоидные, частицы и не пропускает их через себя даже при сильном сейсмическом сотрясении. В результате этого со временем происходит создание качественного противофильтрационного слоя 13. В этом слое 13 поры заcolmатированы связным грунтом, поэтому скорости фильтрационного потока со временем существенно уменьшаются, а наращивание толщины противофильтрационного слоя замедляется.

40 Величина относительного удлинения геотекстиля при его разрыве обычно не менее 40%, что в существенной мере превышает деформативность уплотненных связных грунтов. Поэтому в случае образования трещины в противофильтрационном слое 13, например при высоких деформациях тела плотины, геотекстиль 6 обеспечит кольматацией восстановление сплошности противофильтрационного слоя 13. Это обстоятельство указывает на то, что надежность работы любого противофильтрационного элемента, выполненного из связного грунта, следовательно, и плотины в целом существенно повысится, если к его нижней (безнапорной) грани будет примыкать геотекстиль. Однако 45 наибольший технический результат от геотекстиля будет получен в случае выполнения противофильтрационного элемента плотины из пылеватых песков, супесей, легких и средних суглинков.

50 Зерновой состав защитного слоя 7 подобран из условия недопущения опасного отслоения глинистых частиц противофильтрационного слоя 6, даже в случае полной утраты со временем геотекстилем прочности.

Пример 2. Плотина из песчано-гравийного грунта с выполненным из суффозионного пылеватого песка ядром 14, которое с основанием 1 сопряжено посредством бетонной плиты 15 и цементационной завесы 16. Геотекстиль 6 в пределах высоты плотины

примыкает к низовой грани ядра 14 и покрывает основание 1 при сопряжении с ним. Защитный слой 7 выполнен из песчано-гравийного грунта, из которого удалены фракции крупнее 40 мм.

После подъема уровня воды 11 естественным путем, как и в примере 1, непосредственно перед геотекстилем 6 сначала создается переходный слой 12, в пределах которого поровое пространство в песке ядра кольматировано несвязным грунтом по принципу обратного фильтра, а затем перед этим слоем 12 создается противofильтрационный слой 13, в пределах которого поровое пространство в песке ядра кольматировано связным грунтом.

Пример 3. Плотина из гравелистого песка, включающего глинистые и пылеватые фракции, содержит геотекстиль 6, который обычно в два слоя расположен в центральной части плотины на всей ее высоте и, например, в один слой покрывает основание 1 и элемент 17 в пределах подошвы центральной части плотины. Элемент 17 выполнен из связного грунта.

Плотина возводится послойно, а размещение геотекстиля 6 в плотине осуществляется, например, посредством устанавливаемых в ряд переставных по высоте плотины инвентарных консольных щитов. При этом геотекстиль на время его присыпки закрепляют на гладких, покрытых слоем консистентной смазки поверхностях щитов [3].

Пример 4. Особенностью плотины наливного накопителя промышленных отходов 18 является то, что она является верхней ступенью двухступенчатого балочно-овражного гидроотвала и по высоте возводится в две очереди.

Первая очередь 19 плотины возведена однородной из суффозионного гравелистого песка, оказавшегося наиболее доступным в районе возведения плотины. Наиболее простым способом наращивания плотины по высоте является возведение ее второй очереди 20 с низовой стороны плотины первой очереди 19. Однако при заполнении отходами 18 емкости первой очереди до уровня воды 11 перед плотиной выявлены протечки, сопровождаемые выносом в нижний бьеф плотины как мелких фракций грунта плотины 20, так и отходов 18.

Применение геотекстиля 6 для отделения плотины первой очереди (верховая призма) 19 от второй ее очереди (низовая призма) 20 позволяет осуществить наращивание плотины по высоте из имеющегося в наличии доступного суффозионного гравелистого песка при одновременном повышении надежности плотины. При этом сопряжение геотекстиля 6 с основанием 1 осуществлено с наиболее доступной низовой стороны плотины первой очереди 19 посредством элемента 17, выполненного из связного грунта, и цементационной завесы 16, выполненной с низовой бермы 21.

По мере заполнения наливного накопителя отходами 18 непосредственно перед геотекстилем 6, как и в предыдущих примерах, естественным путем кольматацией порового пространства в гравелистом песке плотины создаются слои: переходный 12 и противofильтрационный 13. При этом кольматация осуществляется мелкими частицами как гравелистого грунта плотины, так и отходов 18.

В случае примыкания отходов непосредственно к геотекстилю (случай чертежом не представлен) отходы следует рассматривать как грунтовый материал верховой призмы плотины.

Использованные источники

1. Гидротехнические сооружения: Учеб. для вузов: В 2 ч. Ч.1 / Л.Н.Рассказов, В.Г.Орехов, Ю.П.Правдивцев и др. Под ред. Л.Н.Рассказова. - М.: Стройиздат, 1996.
2. Рекомендации по проектированию и строительству противofильтрационных устройств из полимерных рулонных материалов. - СПб. НИИ АКХ им. К.Д.Памфилова, 1999, с.9, рис.1.3.2 и 1.3.3.
3. Авторское свидетельство СССР №1802034, кл. E02B 7/06, опубл. 1993.
4. Патент Российской Федерации №2059034, кл. E02B 3/16, опубл. 27.04.1996.
5. Патент Российской Федерации №2155253, кл. E02B 3/16, опубл. 27.08.2000.
6. Учеб. Пособие для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1987. Гольдин А.Л., Рассказов

Л.Н. Проектирование грунтовых плотин

7. Рекомендации по проектированию обратных фильтров гидротехнических сооружений: П 53-90 / ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева. - Л., 1991.

5 8. Гагошидзе М. Селевые явления и борьба с ними. - Тбилиси: Сабчота Сакартвелло, 1970.

Формула изобретения

1. Грунтовая плотина, включающая верховую и низовую призмы, выполненные из
10 из водонепроницаемого волокнистого материала, к которому с низовой стороны примыкает
защитный слой и который после подъема уровня воды перед плотиной обеспечивает
создание противодиффузионного слоя путем кольматации порового пространства в
материале с верховой стороны защитного слоя, отличающаяся тем, что верховая призма
15 или, по меньшей мере, ее элемент выполнен из суффозионного грунта, а разделительный
слой выполнен из геотекстиля, причем расчетный диаметр водопроводящего отверстия
геотекстиля $D_o^{расч г}$ на каждом его участке определен из условий обеспечения сначала
создания непосредственно перед геотекстилем переходного слоя, в пределах которого
20 поровое пространство в материале верховой призмы кольматировано несвязным грунтом
по принципу обратного фильтра, а затем создания перед этим переходным слоем
противодиффузионного слоя, в пределах которого поровое пространство в материале
верховой призмы кольматировано связным грунтом, т.е. расчетный диаметр
водопроводящего отверстия геотекстиля $D_o^{расч г}$ на каждом его участке удовлетворяет

условиям

25 $D_o^{расч г} \leq d_{ci}^{доп}$,

$D_o^{расч г} < d_{ci}^{макс ф}$,

и $D_o^{расч г} < d_{ci}^{макс п}$,

где $d_{ci}^{доп}$ - максимальный диаметр суффозионных частиц грунта, перемещение которых в
30 направлении геотекстиля фильтрационным потоком временно допустимо;

$d_{ci}^{макс ф}$ - максимальный диаметр частиц грунта, для которых параметры фильтрационного
потока, установившегося непосредственно после подъема уровня воды перед плотиной,
обеспечивают возможность их перемещения из верховой призмы к рассматриваемому
участку геотекстиля;

35 $d_{ci}^{макс п}$ - максимальный диаметр частиц грунта, для которых геометрические размеры пор в
грунте верховой призмы обеспечивают возможность их перемещения к рассматриваемому
участку геотекстиля.

2. Плотина по п.1, отличающаяся тем, что максимальный диаметр фильтрационных пор
40 в защитном слое $D_o^{макс н}$ удовлетворяет условию

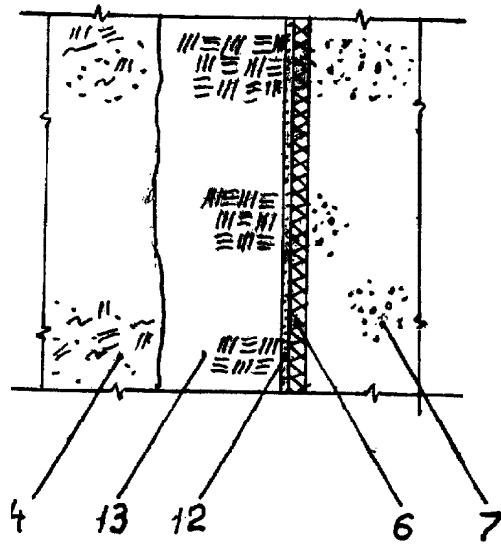
$D_o^{макс н} \leq 15 \text{ мм}$.

3. Плотина по п.1, отличающаяся тем, что диаметр фильтрационных пор 90%-ной
обеспеченности в защитном слое $D_o^{90н}$ удовлетворяет условию

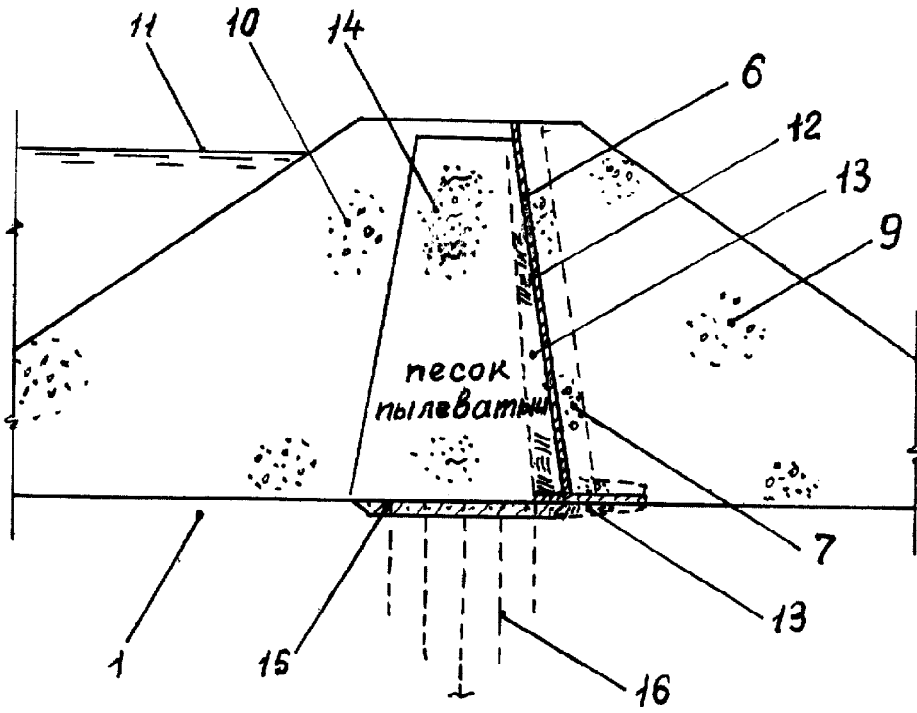
45 $D_o^{90н} \leq 4 \text{ мм}$.

50

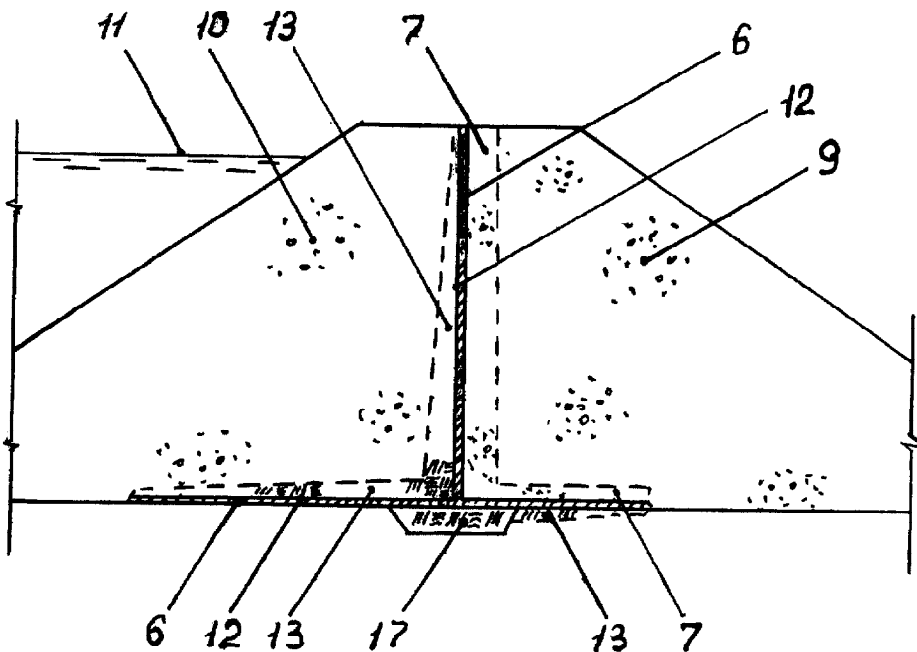
A-A



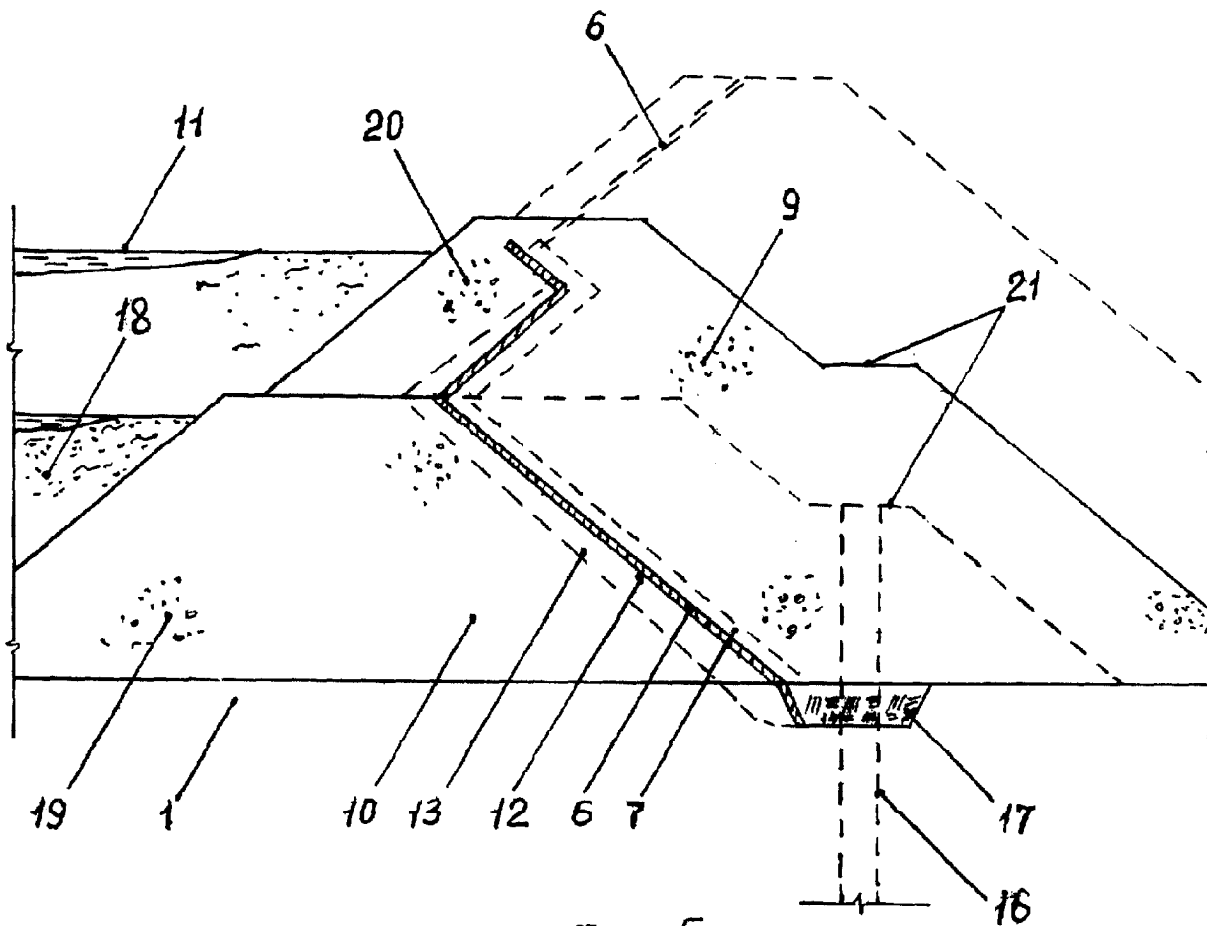
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5