



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

*На основании пункта 1 статьи 1366 части четвертой Гражданского кодекса Российской Федерации патентообладатель обязуется заключить договор об отчуждении патента на условиях, соответствующих установившейся практике, с любым гражданином Российской Федерации или российским юридическим лицом, кто первым изъявил такое желание и уведомил об этом патентообладателя и федеральный орган исполнительной власти по интеллектуальной собственности.*

(21), (22) Заявка: **2009104333/03, 09.02.2009**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**09.02.2009**

(45) Опубликовано: **10.04.2010** Бюл. № 10

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: SU 1687722 A1, 30.10.1991. SU 855115 A, 25.08.1981. SU 1382902 A1, 23.03.1988. SU 1781370 A1, 15.12.1992. EP 1524371 A2, 20.04.2005.

Адрес для переписки:  
**660012, г.Красноярск, ул. Судостроительная,  
123, кв.73, В.П. Ягину**

(72) Автор(ы):

**Ягин Василий Петрович (RU),  
Вайкум Владимир Андреевич (RU),  
Руднов Валерий Михайлович (RU),  
Гришин Василий Андреевич (RU),  
Данилкова Наталья Николаевна (RU),  
Лейманн Татьяна Витальевна (RU),  
Папко Надежда Романовна (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Ягин Василий Петрович (RU)**

**(54) ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЙ КАНАЛ, ЗАГЛУБЛЕННЫЙ В МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫЕ ГРУНТЫ СКЛОНА, И СПОСОБ ЕГО СОЗДАНИЯ**

(57) Реферат:

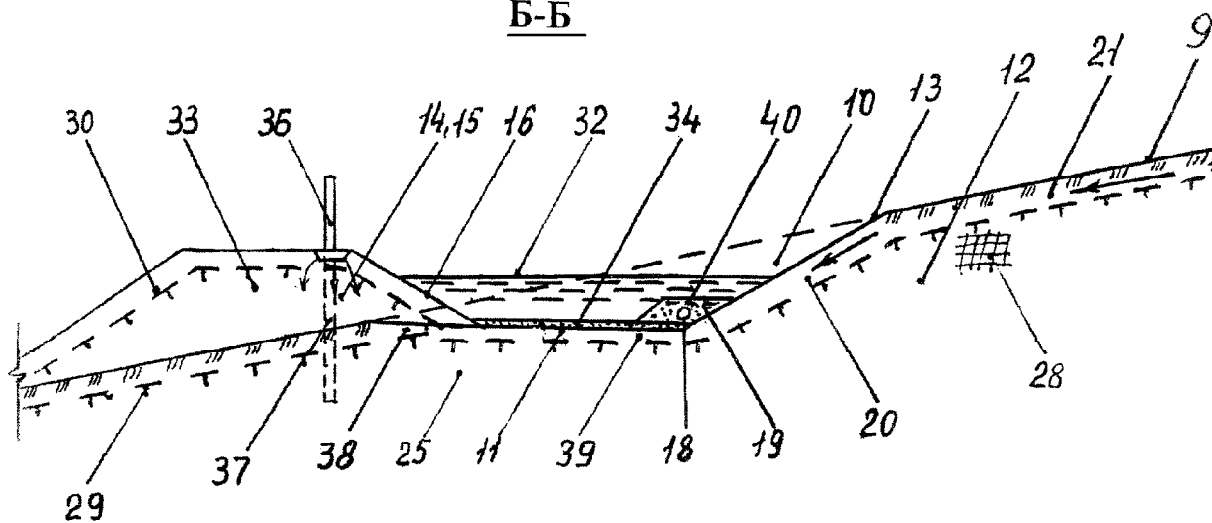
Изобретение относится к гидротехническому строительству каналов на многолетнемерзлых грунтах склона. Канал заглублен в многолетнемерзлые грунты склона и содержит выработку, создающую дно канала и его верховой борт, насыпь, создающую верхнюю часть низового борта, противодиффузионное устройство и защитное устройство, предотвращающее образование в канале наледи и воздействие на противодиффузионное устройство напорных грунтовых вод. Противодиффузионное устройство выполнено в виде экрана из рулонного материала или в виде мерзлотной завесы, выполненной из ледогрунта в низовом борту канала. Защитное устройство выполнено в виде трубчатого дренажа, расположенного у дна канала и по его длине гидравлически сообщенного с сезоннопотаивающим слоем

склона, или в виде нагорной канавы, содержащей мерзлотный пояс, который образует низовой борт канавы. При создании канала сначала производят земляные работы по заглублению канала в многолетнемерзлые грунты склона и формированию бортов и дна канала, затем канал выдерживают, по меньшей мере, один осенне-зимний период года. В период выдерживания обеспечивается подвод из сезоннопотаивающего слоя склона к основанию канала в ограниченном количестве охлажденной воды, необходимой для восстановления естественным путем водонепроницаемости верхнего слоя многолетнемерзлых грунтов, нарушенной при заглублении канала. Дно канала покрывают защитным слоем, выполненным из грунта заданного зернового состава, а выдерживание канала осуществляют вместе с защитным устройством, в случае его выполнения в виде

трубчатого дренажа, или - без защитного устройства, в случае его выполнения в последующем в виде нагорной канавы. Изобретение позволяет повысить надежность канала за счет восстановления

водонепроницаемости верхнего слоя многолетнемерзлых грунтов и предотвращения образования наледи в канале. 2 н. и 17 з.п. ф-лы, 8 ил.

Б-Б



Фиг. 4

RU 2385986 C1

RU 2385986 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.  
**E02B 5/02** (2006.01)  
**E02B 3/16** (2006.01)

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

*According to Art. 1366, par. 1 of the Part IY of the Civil Code of the Russian Federation, the patent holder shall be committed to conclude a contract on alienation of the patent under the terms, corresponding to common practice, with any citizen of the Russian Federation or Russian legal entity who first declared such a willingness and notified this to the patent holder and the Federal Executive Authority for Intellectual Property.*

(21), (22) Application: **2009104333/03, 09.02.2009**

(24) Effective date for property rights:  
**09.02.2009**

(45) Date of publication: **10.04.2010 Bull. 10**

Mail address:  
**660012, g.Krasnojarsk, ul. Sudostroitel'naja,  
123, kv.73, V.P. Jaginu**

(72) Inventor(s):

**Jagin Vasilij Petrovich (RU),  
Vajkum Vladimir Andreevich (RU),  
Rudnov Valerij Mikhajlovich (RU),  
Grishin Vasilij Andreevich (RU),  
Danilkova Natal'ja Nikolaevna (RU),  
Lejmann Tat'jana Vital'evna (RU),  
Papko Nadezhda Romanovna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Jagin Vasilij Petrovich (RU)**

**(54) HYDROTECHNICAL CHANNEL DEEPENED INTO PERMAFROST SOILS OF SLOPE AND METHOD OF ITS DEVELOPMENT**

(57) Abstract:

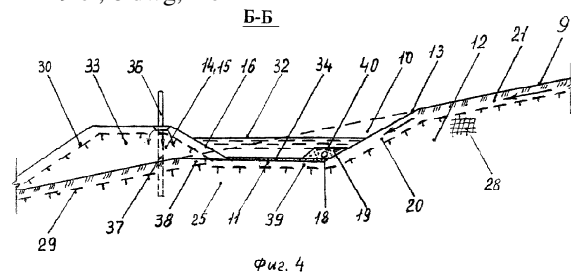
FIELD: construction.

SUBSTANCE: channel is deepened into permafrost soils of slope and comprises pit that forms channel bottom and its upper board, embankment that forms upper part of lower board, antifiltration device and protective device that prevents development of ice crust in channel and effect of discharge ground waters at antifiltration device. Antifiltration device is arranged in the form of screen made of rolled material or in the form of permafrost curtain made of ice soil in lower board of channel. Protective device is arranged in the form of tubular drain arranged near channel bottom and hydraulically communicated along its length to seasonal thawing layer of slope, or in the form of catch ditch comprising permafrost screen, which produces lower board of ditch. In process of channel development at first earth works are performed to deepen channel into permafrost soils of slope and shaping of boards and channel bottom, than channel is maintained for at least one autumn-winter period of the year. In period of maintenance they provide for supply of cooled water from seasonal thawing

layer of slope to channel base in a limited amount, which is necessary to naturally restore water impermeability of upper layer of permafrost soils damaged in process of channel deepening. Bottom of channel is coated with a protective layer made of soil with specified grain composition, and channel maintenance is carried out together with protective device, in case it is arranged in the form of tubular drain, or - without protective device, in case it is further arranged in the form of catch ditch.

EFFECT: invention makes it possible to improve channel reliability due to restoration of water impermeability of upper layer in permafrost soils and prevention of ice formation in channel.

19 cl, 8 dwg, 4 ex



Изобретение относится к гидротехнике, а точнее к строительству каналов на многолетнемерзлых грунтах (породах) склона, имеющих жильные льды у поверхности склона и периодически встречающиеся незаполненные льдом глубинные трещины, в частности при выполнении канала берегового водосброса или канала, создаваемого в обход, например, накопителя промышленных отходов.

Известен гидротехнический (водопроводный, руслоотводящий, обходной и др.) канал, заглубленный в многолетнемерзлые грунты склона и включающий противодиффузионное устройство в виде мерзлотной завесы, выполненной в низовом, по отношению к склону, борту канала посредством сезоннодействующего охлаждающего устройства [1 или 2].

Недостатки известного гидротехнического канала заключаются в следующем.

1. Заглубление канала в многолетнемерзлые грунты склона может привести к нарушению верхнего водогазонепроницаемого ледогрунтового слоя многолетнемерзлых грунтов (то же: плаща, понятие вводится впервые). Такой плащ образовался в начальный период последнего (позднеголоценового) похолодания при одностороннем промерзании грунтов сверху вниз в условиях постоянного проникновения в его морозобойные трещины и поры воды атмосферных осадков сверху и мигрирующей в зону промерзания воды снизу. Образование плаща происходило практически повсеместно ниже границы сезонного протаивания грунтов в пределах коры выветривания, а проникновение воды в плащ происходило в дозированном естественным путем количестве. Одновременно с этим по наиболее крупным трещинам напряжений, образовавшихся в предыдущие периоды оледенения-потепления, под действием гидравлического уклона вода из-под плаща вытекала в ближайшие места разгрузки - талики водотоков и водоемов, криопеги, источники подземных, в том числе подмерзлотных, вод, термокарсты и другие. Газы, скопившиеся местами под плащом, создавали давление, превышающее атмосферное, что ускоряло вытекание воды из таких «ручейковых» (то же: русловых) трещин в места разгрузки. В результате этого по мере дальнейшего опускания нижней границы многолетнемерзлых грунтов под плащом часть глубинных трещин оказалась свободной ото льда - далее: пустотелые трещины.

При заглублении канала цельность плаща местами нарушается, что часто приводит к развитию интенсивной фильтрации воды из наполненного канала и соответственно аномально быстрому протаиванию многолетнемерзлых грунтов. Это приводит к недопустимым деформациям канала (Иреляхский гидроузел в Якутии [3]), а фильтрующая из канала вода в недопустимом объеме втекает в накопитель отходов (хвостохранилище Надеждинского металлургического завода в Норильске [2], хвостохранилище №8 в п. Айхал в Якутии и другие).

О степени проницаемости мерзлых пород под плащом можно судить, например, по исследованию, которое было осуществлено на Вилюйской ГЭС-3, где воздух с дымом закачивали в изыскательскую штольню, выполненную в борту реки. При этом дым выходил через пустотелые скважины на расстоянии от 90 до 160 метров от источника задымления [4].

Настоящая опорная (типовая) гидрогеологическая схема - гипотеза, составленная с учетом истории образования многолетней мерзлоты [5], и не противоречит современным представлениям геокриологии о строении и свойствах многолетнемерзлых пород. При этом геокриология позволяет полагать [6, стр.219], что в северной криолитозоне толщина современного плаща невелика и измеряется иногда первыми метрами, например, на заснеженных участках склона северной и

западной экспозиции, где меньше перепады температур и большая увлажненность пород.

2. Наледь, образуемая на склоне при осенне-зимнем промерзании слоя сезонного протаивания (наледь надмерзлотных вод), заполняет канал со стороны его верхового борта, что усложняет пропуск по каналу вод весенних паводков. Эта наледь также не позволяет выполнить канал с тонким противофильтрационным покрытием дна канала и откосов его бортов, так как наледообразующая вода (далее: наледная вода) выдавливает экран снизу, а наледь покрывает экран сверху, что с неизбежностью разрушает экран.

Наледь не образуется при образовании в период эксплуатации под каналом талика, гидравлически сообщенного у подножья склона с таликом, например, хвостохранилища или водотока.

Указанные эти два недостатка известного канала обуславливают его недостаточную надежность.

Известен способ создания гидротехнического канала, при котором сначала производят работы по заглублению канала в многолетнемерзлые грунты склона и формируют борта и дно канала, после чего канал эксплуатируют и посредством сезоннодействующего охлаждающего устройства, выполненного, например, в виде замораживающих колонок, размещенных в пробуренных скважинах, создают в низовом, по отношению к склону, борту канала мерзлотную завесу. При этом мерзлотную завесу часто создают после протаивания склона на большую глубину [2].

Недостатки известного способа заключаются в следующем.

1. Заглубление канала в многолетнемерзлые грунты склона местами может привести к нарушению водонепроницаемости ледогрунтового слоя-плаща. Поэтому введение канала в эксплуатацию непосредственно после его заглубления может привести к развитию интенсивной фильтрации воды из канала по крупным пустотелым глубинным трещинам и соответственно к аномально быстрому протаиванию многолетнемерзлых грунтов.

Водонепроницаемость плаща может быть нарушена при бурении скважин, например, под замораживающие колонки, что также может привести к интенсивной и трудно устранимой фильтрации воды из канала, если бурение скважин будет осуществляться в летнее время в условиях подачи воды в канал впервые и при расстоянии от канала до скважины менее некой, заранее трудно определяемой, критической величины.

2. Создание мерзлотной завесы в низовом борту канала после протаивания склона в процессе эксплуатации канала на большую, часто недостижимую для мерзлотной завесы глубину, существенно усложняет работы, снижает надежность канала и увеличивает затраты в целом. При этом весьма трудно создать качественную мерзлотную завесу за один осенне-зимний период года.

Указанные недостатки известного способа создания гидротехнического канала обуславливают, прежде всего, его недостаточную надежность.

Задачей, на решение которой направлены заявляемые гидротехнический канал, заглубленный в многолетнемерзлые грунты склона, и способ его создания, является повышение надежности такого канала. Единым же техническим результатом, достигаемым при осуществлении заявляемой группы изобретений, является предотвращение фильтрации воды из канала через его низовой борт, восстановление естественным путем нарушенной при заглублении канала водонепроницаемости верхнего слоя многолетнемерзлых грунтов, образующих дно и верховой борт канала,

предотвращение проникновения наледной воды в канал в осенне-зимний период года и упрощение работ по созданию мерзлотной завесы.

Указанная задача решается, а технический результат достигается тем, что гидротехнический канал, заглубленный в многолетнемерзлые грунты склона, включает выработку, создающую дно канала и его верховой, по отношению к склону, борт с откосом со стороны канала, насыпь, создающую, по меньшей мере, верхнюю часть низового борта с откосом со стороны канала, противofильтрационное устройство, предотвращающее фильтрацию воды из канала, и защитное устройство, предотвращающее образование в канале наледи в осенне-зимний период года из воды сезоннопротаивающего слоя склона и воздействие на противofильтрационное устройство напорных грунтовых вод.

Противofильтрационное устройство может быть выполнено в виде экрана, покрывающего дно канала и откосы его бортов и выполненного из рулонного материала, преимущественно из полимерной пленки или бентонитовых матов, или в виде мерзлотной завесы, которая выполнена из ледогрунта в низовом борту канала и сомкнута с многолетнемерзлыми грунтами склона.

Защитное устройство может быть выполнено в виде трубчатого дренажа, который расположен вдоль канала у его дна, по длине канала гидравлически сообщен с сезоннопротаивающим слоем склона посредством расположенного в верховом борту канала фильтрующего слоя грунта и снабжен выпускным участком с запорным устройством, или в виде нагорной канавы, расположенной вдоль канала с его верховой, по отношению к склону, стороны и содержащей мерзлотный пояс, который образует низовой борт канавы.

Мерзлотная завеса содержит замораживающие колонки, размещенные в пробуренных скважинах, а место смыкания мерзлотной завесы с многолетнемерзлыми грунтами посредством фильтрующего слоя грунта сообщено с трубчатым дренажем.

Высота насыпи  $h_n$ , создающей низовой борт, удовлетворяет условию

$$h_n < h_{c.п.} - h_o,$$

где  $h_{c.п.}$  - глубина сезонного промерзания талого грунта насыпи;

$h_o$  - глубина сезонного протаивания мерзлого грунта склона.

Размеры поперечного сечения нагорной канавы могут обеспечить аккумуляцию всей наледи, образующейся в канаве из воды сезоннопротаивающего слоя в осенне-зимний период года. При необходимости же вдоль нагорной канавы у ее дна может быть расположен трубчатый дренаж, гидравлически сообщенный по длине канавы с сезоннопротаивающим слоем склона посредством расположенного в верховом борту канавы фильтрующего слоя грунта.

Именно, выполнение в канале по изложенным правилам защитного устройства, позволяет в осенне-зимний период решить две задачи: во-первых, предотвратить проникновение напорной наледной воды в канал в осенне-зимний период года, во-вторых, подвести в ограниченном дозированном количестве охлажденную воду в основание канала и в основание мерзлотной завесы. Первое позволяет выполнить канал с экраном и упростить его эксплуатацию, второе - восстановить естественным путем водонепроницаемость верхнего слоя-плаща многолетнемерзлых грунтов, нарушенную при заглублении канала, и повысить качество смыкания мерзлотной завесы с многолетнемерзлыми грунтами, что повышает противofильтрационную надежность канала и позволяет полностью или частично отказаться от устройства в канале экрана. Выполнение же защитного устройства в виде нагорной канавы

дополнительно обеспечивает защиту канала от воды поверхностного стока.

Указанный технический результат достигается также тем, что в способе создания гидротехнического канала сначала производят земляные работы по заглублению канала в многолетнемерзлые грунты склона и формированию бортов и дна канала, затем канал в таком виде выдерживают, по меньшей мере, один осенне-зимний период года. Выдерживание канала обеспечивает подвод из сезоннопротаивающего слоя склона к основанию канала в ограниченном количестве охлажденной воды, необходимой для восстановления естественным путем водонепроницаемости верхнего слоя многолетнемерзлых грунтов, нарушенной при заглублении канала, и упрощает создание в канале противодиффузионного устройства, выполняемого преимущественно в виде мерзлотной завесы в низовом борту канала. Время выдерживания канала может включать два или более осенне-зимних периода года.

Сформированное дно канала покрывают защитным слоем, выполненным из грунта заданного зернового состава и предотвращающего в период создания канала поступление в раскрытую пустотелую трещину воды с интенсивностью, способной растеплить эту трещину от входа до места разгрузки.

Канал выдерживают вместе с защитным устройством, которое выполняют в виде трубчатого дренажа, расположенного вдоль канала у его дна и по длине канала гидравлически сообщенного с сезоннопротаивающим слоем склона.

Защитное устройство может быть выполнено после выдерживания канала в виде нагорной канавы, расположенной вдоль канала с его верховой, по отношению к склону, стороны, и содержащей мерзлотный пояс, который образует низовой борт нагорной канавы. В этом случае в период выдерживания сам канал эксплуатируют в режиме нагорной канавы и одновременно определяют фактический объем поступающей в канал из сезоннопротаивающего слоя склона воды и объем образуемой ею наледи, после чего уточняют конструкцию и параметры элементов намеченной к созданию нагорной канавы.

В случае создания мерзлотной завесы посредством замораживающих колонок, размещенных в пробуренных скважинах, бурение скважин и введение в работу замораживающих колонок в этих скважинах осуществляют в один и тот же осенне-зимний период года. В случае же наличия в канале и/или в нижней расположенной, по отношению к каналу, части склона пустотелой скважины, эту скважину тампонируют.

Именно, выдерживание канала в практически готовом виде без его введения в эксплуатацию позволяет естественным путем решить две задачи, каждая из которых повышает противодиффузионную надежность канала. Во-первых, летом вода осадков, а в осенне-зимний период охлажденная наледная вода в ограниченном количестве поступает в основание канала и в основание мерзлотной завесы. Эта вода без напора, чаще всего прерывно и в виде капель, проникает во все незаполненные льдом трещины и поры грунта и, замерзая в них, навсегда восстанавливает водонепроницаемость верхнего слоя многолетнемерзлых грунтов и повышает качество сопряжения мерзлотной завесы с многолетнемерзлыми грунтами. Во-вторых, создание качественной мерзлотной завесы в относительно высоком низовом борту канала за одну зиму дело сложное и затратное и, как правило, трудно осуществимое. Поэтому выдерживание канала позволяет упростить создание мерзлотной завесы и повысить ее качество. При этом выполнение замораживающих колонок и введение их в работу по указанным правилам предотвращает образование скважинами пустотных мест, способных сократить длины пустотелых трещин и тем самым спровоцировать

фильтрацию воды из канала в эти скважины, что может привести к интенсивному оттаиванию многолетнемерзлых грунтов.

Проведенный заявителем анализ уровня техники позволил установить, что аналоги, характеризующиеся совокупностями признаков, тождественными всем признакам заявленного гидротехнического канала, заглубленного в многолетнемерзлые грунты склона, и способа его создания, отсутствуют. Следовательно, каждое из заявленных изобретений соответствует условию патентоспособности «новизна».

Результаты поиска известных решений в данной и смежных областях техники с целью выявления признаков, совпадающих с признаками каждого заявленного изобретения, показали, что они не все следуют явным образом из уровня техники. Из определенного заявителем уровня техники не выявлена известность влияния существенными признаками каждого из заявляемых изобретений на достижение указанного технического результата. Следовательно, каждое из заявляемых изобретений соответствует условию патентоспособности «изобретательский уровень».

В настоящей заявке на выдачу патента соблюдено требование единства изобретения, поскольку гидротехнический канал, заглубленный в многолетнемерзлые грунты склона, и способ его создания предназначены для создания заявляемого гидротехнического канала. Заявленные изобретения решают одну и ту же задачу - повышение надежности гидротехнического канала, заглубленного в многолетнемерзлые грунты склона. Эта задача решается за счет достижения при осуществлении изобретений общего технического результата - предотвращение фильтрации воды из канала через его низовой борт, восстановление естественным путем нарушенной при заглублении канала водонепроницаемости верхнего слоя многолетнемерзлых грунтов, образующих дно и верховой борт канала, предотвращающие проникновения наледной воды в канал в осенне-зимний период года и упрощение работ по созданию мерзлотной завесы.

Изобретение поясняется чертежами.

На фиг.1 изображен план руслоотводящего канала, проложенного в многолетнемерзлых грунтах склона в обход хвостохранилища.

На фиг.2-5 изображен канал с защитным устройством в виде трубчатого дренажа у его дна, поперечный разрез на фиг.1, а именно: на фиг.2 - канал с экраном, разрез А-А; на фиг.3 - канал с экраном, разрез Б-Б; на фиг.4 - канал с мерзлотной завесой, разрез Б-Б; на фиг.5 - канал с мерзлотной завесой, разрез С-С.

На фиг.6-8 изображен канал с защитным устройством в виде нагорной канавы, разрез Б-Б на фиг.1, а именно: на фиг.6 - при выдерживании канала наледь аккумулируется в канале; на фиг.7 - при эксплуатации канала наледь аккумулируется в нагорной канаве; на фиг.8 - при эксплуатации канала наледная вода из нагорной канавы выводится трубчатым дренажем.

Пример 1 (фиг.1-3). Канал 1 (далее: канал) представляет собой искусственное русло сезоннодействующего водотока 2, проложенного в обход функционирующего или выведенного из эксплуатации «типового» наливного балочно-овражного хвостохранилища (шламоохранилища) 3, грунтовая емкость которого образована русловой плотиной 4 и водоподъемной плотиной 5, создающей к тому же регулируемую емкость 6 на водотоке 2. От поверхностного стока хвостохранилище 3 защищено со стороны левобережного склона 7 нагорной канавой 8, а со стороны правобережного склона 9 - непосредственно каналом.

Канал заглублен в многолетнемерзлые грунты склона 9, выполнен в полунасыпи-полувыемке и в поперечном сечении имеет трапецеидальную форму.



Канал включает выработку 10, создающую дно 11 канала и его верховой, по отношению к склону 9, борт 12 с верховым откосом 13 канала, а также насыпь 14, создающую низовой борт 15 с низовым откосом 16 канала. Кроме этого, канал включает противодиффузионное устройство, выполненное в виде экрана 17 и защитное устройство, выполненное в виде трубчатого дренажа, состоящего из водоотводящей трубы 18, которая выполнена с перфорацией, расположена вдоль канала у его дна 11 и заключена в водоприемную призму 19. Эта водоприемная призма 19 по длине канала посредством фильтрующего слоя 20, выполненного из карьерного материала (фиг.2) или из местного грунта (фиг.3) и примыкающего к верховому борту 12, гидравлически сообщена с сезоннопротаивающим слоем 21. Экран 17 в пределах живого сечения канала покрывает его дно 11 и откосы верховой 13 и низовой 16 соответствующих им бортов верхового 12 и низового 15. Экран 17 выполнен из рулонного материала, преимущественно из полимерной пленки или бентонитовых матов, уложен на подстилающий слой 22 и покрыт защитным слоем 23. Слои 22 и 23 выполнены из несвязного фильтрующего грунта заданного зернового состава.

На участке канала, расположенном между регулирующей емкостью 6 и русловой плотиной 4, экран 17 покрывает также водоприемную призму 19 с водоотводящей трубой 18. На этом участке канала высотное положение водоотводящей трубы 18 относительно дна 11 понижается от наиболее высокого уровня (фиг.2) до наиболее низкого уровня (фиг.3), что обеспечивает в канале необходимое превышение продольного уклона водоотводящей трубы 18 над продольным уклоном дна 11 канала. При этом водоприемная призма 19 изменяет вид от присыпки к верховому откосу 13 (фиг.2) до засыпки продольного углубления 24, выполненного в основании 25 канала, а водоотводящая труба 18 по длине снабжена герметизированными затопляемыми смотровыми патрубками (на чертежах не показаны).

В нижнем бьефе русловой плотины 4 водоотводящая труба 18 выведена из канала в сторону водотока 2 и посредством выпускного участка 26 (фиг.1) снабжена с водотоком 2, а на канале выполнено сопрягающее сооружение 27 в виде быстротока или многоступенчатого перепада.

На чертежах дополнительными позициями обозначены:

28 - водонепроницаемый ледогрунтовый слой-плащ;

29 - верхняя граница многолетнемерзлых грунтов до создания канала;

30 - верхняя граница многолетнемерзлых грунтов, установившаяся после создания канала;

31 - шпилька;

32 - максимальный уровень воды в канале ( $\nabla_{\text{макс.}}$  УВ);

Канал возводят в следующей последовательности.

Сначала производят земляные работы по заглублению канала в многолетнемерзлые грунты склона 9 и формированию его бортов 12 и 15. Затем производят работы по выполнению противоналедного устройства: укладывают перфорированную водоотводящую трубу 18 и заключают ее в водоприемную призму 19, при необходимости верховой откос 13 борта 12 покрывают фильтрующим слоем грунта 20 (фиг.2). Производят работы по выполнению противодиффузионного устройства: образуют подстилающий слой 22 (укладывают карьерный грунт заданного зернового состава или удаляют недопустимо крупные фракции из местного грунта), укладывают рулонный материал экрана 17 и

покрывают его защитным слоем 23. После всего этого из регулирующей емкости 6 в канал направляют воду и осуществляют эксплуатацию канала.

Канал работает следующим образом.

5 В летний период года в канал поступает вода из регулирующей емкости 6 водотока 2, а также вода осадков, стекающая в канал с правобережного склона 9, в том числе и фильтрующая, по сезоннопотаивающему слою 21.

10 Экран 17 предотвращает фильтрацию воды из канала по всему периметру его живого сечения, а слив воды из водоотводящей трубы 18 предотвращает давление грунтовых вод, проникших под экран 17.

15 В осенне-зимний период года по водоотводящей трубе 18 обеспечивается слив наледной воды из водоприемной призмы 19, поступающей в нее из сезоннопотаивающего слоя 21 правобережного склона 9 по фильтрующему слою 20. Этим предотвращается образование наледи в канале как над экраном 17, так и под ним.

20 Дополнительно в осенне-зимний период года осуществляется подвод в основание 25 канала в ограниченном количестве охлажденной воды, необходимой для восстановления естественным путем водонепроницаемости ледогрунтового слоя-плаща 28, нарушенной при заглублении канала в многолетнемерзлые грунты, что повышает противofильтрационную надежность канала.

25 Механизм восстановления водонепроницаемости ледогрунтового слоя-плаща 28 заключается в том, что вода, вошедшая в пустотелые трещины многолетнемерзлых грунтов без напора (прерывная, капельная), в соответствии с балансом тепла замерзает и тем самым навсегда заполняет льдом эти трещины.

30 Особенность работы канала с экраном из бентонитовых матов заключается в том, что тонкий водонасыщенный бентонитовый слой, работающий в условиях высоких гидравлических градиентов (сотни единиц), под действием пульсирующего потока воды и других динамических или сейсмических нагрузок с годами постепенно может утратить свойство водонепроницаемости - бентонит медленно продавливается через отверстия вмещающего его геотекстиля. Это обстоятельство способствует

35 постепенному проникновению воды под экран в полые трещины в летнее время и образованию в процессе замерзания воды со временем сплошного ледогрунтового водоупора по всему живому сечению канала сезонного действия, что дополнительно повышает противofильтрационную надежность канала.

Пример 2 (фиг.1, 4 и 5). Канал имеет следующие четыре существенных конструктивно-технологических отличия от канала в примере 1, а именно:

40 - противofильтрационное устройство канала выполнено в виде мерзлотной завесы 33 (вместо экрана 17);

- сформированное дно канала покрывают защитным слоем 34, выполненным из грунта заданного зернового состава;

45 - выпускной участок 26 водоотводящей трубы 18 снабжен запорным устройством 35 (фиг.1);

- технический результат достигается в наиболее полной мере только при совместном использовании конструкции канала со способом его создания, включающим выдерживание канала.

50 Мерзлотная завеса 33 создается в зимний период года путем замораживания обильно увлажненного низового борта 17 посредством замораживающих колонок 36, размещенных в пробуренные скважины 37 (фиг.4), или посредством непосредственного воздействия на низовой борт 17 холодного атмосферного воздуха

(фиг.5). Место смыкания 38 мерзлотной завесы 33 с многолетнемерзлыми грунтами сообщено с водоприемной призмой 19 посредством фильтрующего слоя 39, выполненного из карьерного или местного грунта.

Высоту насыпи 14  $h_{н.}$ , создающей частично или полностью низовой борт 15, целесообразно принять из условия полного промерзания насыпи 14 в один осенне-зимний период года в соответствии с условием

$$h_{н.} < h_{с.п.} - h_o,$$

где  $h_{с.п.}$  - глубина сезонного промерзания талого грунта,

$h_o$  - глубина сезонного оттаивания мерзлого грунта.

Необходимость расположения в пределах водоприемной призмы 19 над водоотводящей трубой 18 теплоизоляционного слоя 40, выполняемого из вспененного полистирола (на чертежах теплоизоляционный слой показан пунктиром), устанавливается проектом.

Способ создания такого канала заключается в следующем.

Сначала производят земляные работы по заглублению канала в многолетнемерзлые грунты склона и формированию его бортов 12 и 15 с откосами 13 и 16. После этого выполняют защитное устройство в виде трубчатого дренажа, состоящего из водоотводящей трубы 18, которую выполняют с перфорацией, располагают вдоль канала у его основания 25 и заключают в водоприемную призму 19. Водоприемную призму выполняют из фильтрующего грунтового материала и по длине гидравлически сообщают с сезоннопротаивающим слоем 21 посредством фильтрующего слоя 20, расположенного в верховом борту 12 канала. Дно 11 канала покрывают защитным слоем 34, который выполняют из грунта заданного зернового состава и который в период создания канала предотвращает интенсивное поступление в раскрытую пустотелую трещину воды, способной растеплить эту трещину от входа до места ее разгрузки. Затем канал в таком виде выдерживают в течение осенне-зимнего периода года. Одновременно завершают создание в борту 15 канала заданного уровня надежности противофильтрационного устройства в виде ледогрунтовой мерзлотной завесы 33, при этом грунт борта 15 обильно увлажняют (фиг.4 и 5).

Дополнительно на выпускном участке 26 водоотводящей трубы 18 выполняют запорное устройство 35, посредством которого в осенне-зимний период года регулируют подачу охлажденной воды в основание 25 и к месту 38 смыкания мерзлотной завесы 33 с многолетнемерзлыми грунтами. Это необходимо как для восстановления водонепроницаемости ледогрунтового слоя-плаща 28, так и для обеспечения заданного уровня надежности смыкания мерзлотной завесы 33 с многолетнемерзлыми грунтами. Временным закрытием (прикрытием) запорного устройства 35 создают в водоотводящей трубе 18 ограниченный напор, прежде всего перед русловой плотиной 4, где заглубление 24 имеет наибольшую глубину и поэтому вероятность нарушения водонепроницаемости ледогрунтового слоя-плаща 28 наибольшая. Одновременно осуществляют визуальное наблюдение за поступлением в канал в допустимом количестве наледной воды.

В случае создания мерзлотной завесы 33 посредством замораживающих колонок 36, размещенных в пробуренных скважинах 37 (фиг.4), бурение этих скважин 37 производят в осенне-зимний период года при отсутствии воды в канале. При этом введение в работу замораживающих колонок 36 осуществляют в тот же осенне-зимний период года, что и бурение под них скважин 37. Этим предотвращается возможные

5 нарушения водонепроницаемости ледогрунтового слоя-плаща 28 скважинами 37, которые могут стать местом выхода воды из канала по пустотелым глубинным трещинам. Последнее обстоятельство может воспрепятствовать в период выдерживания канала восстановлению водонепроницаемости ледогрунтового  
5 слоя-плаща 28.

В случае наличия в канале и/или в нижерасположенной, по отношению к каналу, части склона пустотелой скважины 41, эту скважину тампонируют.

10 Время выдерживания канала может включать два или более осенне-зимних периода года.

Канал работает следующим образом.

15 В летний период года мерзлотная завеса 33 и восстановленный водонепроницаемый ледогрунтовый слой-плащ 28 в основании 25 канала предотвращают фильтрацию воды из канала по всему периметру его живого сечения. При этом запорное устройство 35 на выпускном участке 26 водоотводящей трубы 18 находится в закрытом положении, что предотвращает интенсивное движение воды в водоприемной призме 19 и в основании 25 и тем самым уменьшается интенсивность оттаивания грунта в основании 25.

20 В осенне-зимний период года запорное устройство 35 находится в открытом положении, что обеспечивает беспрепятственный слив наледной воды из водоприемной призмы 19, поступающей в нее из сезоннопротаивающего слоя 21 правобережного склона 9 по фильтрующему слою 20. Этим предотвращается образование наледи в канале.

25 Созданный таким образом канал является экономичным и надежным. В канале в полном объеме достигается ранее указанный технический результат.

30 Пример 3 (фиг.1, 6 и 7). Канал отличается от описанных в примерах 1 и 2 каналов, тем, что его защитное устройство выполнено в виде нагорной канавы 42 (трасса нагорной канавы на фиг.1 показана пунктирной линией). Эта нагорная канава 42 расположена вдоль канала с его верховой, по отношению к склону, стороны, и содержит мерзлотный пояс 43, который образует низовой борт 44 нагорной канавы 42. При этом размеры поперечного сечения нагорной канавы 42 обеспечивают аккумуляцию всей наледи 45, образующейся в канаве из воды сезоннопротаивающего  
35 слоя 21 в осенне-зимний период года.

Особенностью создания такого канала является следующее:

40 - нагорную канаву 42 создают после выдерживания канала;  
- в период выдерживания канал временно эксплуатируют в режиме нагорной канавы, при этом определяют фактический объем поступающей в канал из сезоннопротаивающего слоя склона воды и объем образуемой ею наледи 45, после чего уточняют конструкцию и параметры элементов намеченной к созданию нагорной канавы 42;

45 - насыпь 14 возводят сначала до временного уровня 46 (фиг.6), а в период выдерживания канала в насыпе 14 создают ледогрунтовую мерзлотную завесу 33 путем естественного охлаждения насыпи 14 атмосферным воздухом и при обильном увлажнении грунта, после чего насыпь 14 возводят до ее постоянного уровня 47.

50 Особенностью работы такого канала является то, что, достигая в полном объеме ранее указанный технический результат, канал дополнительно нагорной канавой 42 защищен от неорганизованного поверхностного стока со склона, способного повредить верховой борт канала.

Пример 4 (фиг.1 и 8). Канал отличается от описанного в примере 3 канала, прежде

5 всего, тем, что вдоль нагорной канавы 42 у ее дна расположен трубчатый дренаж, который состоит из водоотводящей трубы 48, выполненной с перфорацией и заключенной в водоприемную призму 49. Эта водоприемная призма 49 по длине нагорной канавы 42 посредством фильтрующего слоя 50, примыкающего к ее

верховому борту 51, гидравлически сообщена с сезоннопротаивающим слоем 21. Мерзлотная завеса 33 может быть создана, как в примере 2, посредством замораживающих колонок 36, размещенных в пробуренных скважинах 37.

10 Особенностью работы такого канала, в сравнении с каналом примера 3, является то, что в нем обеспечивает слив из нагорной канавы 42 по водоотводящей трубе 48 наледной воды, поступающей в нее по фильтрующему слою 50 из сезоннопротаивающего слоя 21 в осенне-зимний период года. Этим предотвращается образование наледи 45 в нагорной канаве 42, что уменьшает поперечное сечение нагорной канавы 42 и повышает надежность ее работы.

15 Приведенные сведения показывают, что при осуществлении заявленного изобретения выполняются условия «промышленной применимости»: средства, воплощающие изобретение при его осуществлении, предназначены для использования в промышленности, а именно при гидротехническом строительстве; подтверждена  
20 возможность осуществления изобретения с помощью описанных или других известных до даты подачи заявки средств и методов; средства, воплощающие изобретение при его осуществлении, способны обеспечить получение указанного технического результата.

25 Из уровня техники не известен гидротехнический канал, заглубленный в многолетнемерзлые породы склона, на котором бы фактическое оттаивание пород не опережало бы ранее сделанные прогнозы. Это может быть объяснено как недостаточно точным учетом истории происхождения у поверхности земной коры многолетней мерзлоты, так и недостаточным соответствием принимаемого в расчетах  
30 механизма оттаивания пород склона действительному механизму оттаивания, который заключается в следующем [5].

Первоначально вода под напором движется по наиболее крупной «ручейковой» трещине и создает в породах талый слой. Одновременно с этим по обходным трещинам второго порядка вода под напором последовательно отсекает от мерзлых  
35 пород целики и начинает их обогреть, создавая новые талые слои. Не все пустотелые трещины при заполнении их водой создают талые слои, поскольку в длинных трещинах начинается оледенение, а затем и полное их промерзание. Длину непромерзающей трещины от ее входа до выхода логично назвать критической длиной  $l_k$ . Эта длина  $l_k$  для каждой трещины в конкретных условиях имеет свою  
40 величину и только приближенно может быть определена теплотехническим расчетом. При этом, чем круче склон, тем больше критическая длина трещины и, следовательно, интенсивнее процесс оттаивания склона.

45 Даже на относительно коротком участке канала всегда найдется, по меньшей мере, одна пустотелая трещина, вскрытая выработкой канала, длина которой от дна канала до места ее разгрузки, например, до пустотелой скважины, будет меньше ее критической длины  $l_k$ . В этом случае сразу после поступления в канал воды начнется аномальное и трудно устранимое оттаивание грунтов склона. Именно на устранение  
50 этого явления и направлена настоящая группа изобретений.

Обозначения

1 - канал

2 - водоток

- 3 - хвостохранилище  
4 - русловая плотина  
5 - водоподъемная плотина  
6 - регулирующая емкость  
5 7 - левобережный склон  
8 - нагорная канава  
9 - правобережный склон  
10 10 - выработка  
11 - дно (канала)  
12 - верховой борт (канала)  
13 - верховой откос  
14 - насыпь  
15 15 - низовой борт (канала)  
16 - низовой откос  
17 - экран  
18 - водоотводящая труба  
19 - водоприемная призма  
20 20 - фильтрующий слой  
21 - сезоннопротаивающий слой  
22 - подстилающий слой (экрана)  
23 - защитный слой (экрана)  
24 - углубление  
25 25 - основание (канала)  
26 - выпускной участок  
27 - сопрягающее сооружение  
28 - водонепроницаемый ледогрунтовый слой-плащ  
30 29 - верхняя граница многолетнемерзлых грунтов до создания канала  
30 - граница многолетнемерзлых грунтов, установившаяся после создания канала  
31 - шпилька  
32 - расчетный максимальный уровень воды в канале ( $\nabla_{\text{.макс.}}$  УВ)  
35 33 - мерзлотная завеса  
34 - защитный слой (дна канала)  
35 - запорное устройство  
36 - замораживающие колонки  
37 - скважины  
40 38 - место (смыкания мерзлотной завесы с многолетнемерзлыми грунтами)  
39 - фильтрующий слой  
40 - теплоизоляционный слой  
41 - пустотелая скважина  
42 - нагорная канава  
45 43 - мерзлотный пояс  
44 - низовой борт (нагорная канава)  
45 - наледь  
46 - временный уровень (насыпи)  
50 47 - постоянный уровень (насыпи)  
48 - водоотводящая труба (нагорная канава)  
49 - водоприемная призма (нагорная канава)  
50 - фильтрующий слой (нагорная канава)

51 - верховой борт (нагорная канава)

Источники информации

1. Ягин В.П., Вайкум В.А., Поваренкин В.А., Давыдов И.А., Нейланд Н.Н. К вопросу размещения твердых водосодержащих отходов ТЭЦ и других производств // Гидротехническое строительство. 1998. №6.

2. Гидротехнические сооружения хвостохранилища НМЗ. Вторая очередь строительства. Система водоотводящих сооружений. Чертежи: №166-13-3, №166-13-15. Красноярск: Гидропроект, 1987.

3. Биянов Г.Ф. Плотины на вечной мерзлоте. - М.: Энергоатомиздат, 1983. С.144-148.

4. Фрункин В.Н., Шерман М.М. О строительстве Вилюйской ГЭС-3 на многолетнемерзлом полускальном основании. // Гидротехническое строительство. 2003. №12).

5. Ягин В.П., Вайкум В.А. Опорная гидрогеологическая схема-гипотеза многолетней мерзлоты с учетом истории геокриологического развития территории и применительно гидротехнического строительства. Интеллектуальный продукт. Зарегистрирован ФГУП «ВНТИЦ» под номером 73200700080.

6. Ершов Э.Д. Общая геокриология: Учеб. для вузов. - М.: Недра, 1990.

#### Формула изобретения

1. Гидротехнический канал, заглубленный в многолетнемерзлые грунты склона, характеризующийся тем, что он содержит выработку, создающую дно канала и его верховой по отношению к склону борт с откосом со стороны канала, насыпь, создающую, по меньшей мере, верхнюю часть низового борта с откосом со стороны канала, противofильтрационное устройство, предотвращающее фильтрацию воды из канала, и защитное устройство, предотвращающее образование в канале наледи в осенне-зимний период года из воды сезоннопротаивающего слоя склона и предотвращающее воздействие на противofильтрационное устройство напорных грунтовых вод.

2. Канал по п.1, в котором противofильтрационное устройство выполнено в виде экрана, покрывающего дно канала и откосы его бортов и выполненного из рулонного материала, преимущественно из полимерной пленки или бентонитовых матов.

3. Канал по п.1, в котором противofильтрационное устройство выполнено в виде мерзлотной завесы, которая выполнена из ледогрунта в низовом борту канала и сомкнута с многолетнемерзлыми грунтами склона.

4. Канал по п.1, в котором защитное устройство выполнено в виде трубчатого дренажа, который расположен вдоль канала у его дна, по длине канала гидравлически сообщен с сезоннопротаивающим слоем склона посредством расположенного в верховом борту канала фильтрующего слоя грунта и снабжен выпускным участком.

5. Канал по п.1, в котором защитное устройство выполнено в виде нагорной канавы, расположенной вдоль канала с его верховой по отношению к склону стороны и содержащей мерзлотный пояс, который образует низовой борт канавы.

6. Канал по п.3, в котором мерзлотная завеса содержит замораживающие колонки, размещенные в пробуренных скважинах.

7. Канал по п.3, в котором место смыкания мерзлотной завесы с многолетнемерзлыми грунтами посредством фильтрующего слоя грунта сообщено с трубчатым дренажем.

8. Канал по п.3, в котором высота насыпи  $h_n$ , создающей низовой борт, удовлетворяет условию

$$h_n < h_{с.п.} - h_o,$$

5 где  $h_{с.п.}$  - глубина сезонного промерзания талого грунта насыпи;

$h_o$  - глубина сезонного протаивания мерзлого грунта склона.

9. Канал по п.4, в котором выпускной участок трубчатого дренажа снабжен запорным устройством.

10 10. Канал по п.5, в котором размеры поперечного сечения нагорной канавы обеспечивают аккумуляцию всей наледи, образующейся в канаве из воды сезоннопротаивающего слоя в осенне-зимний период года.

15 11. Канал по п.5, в котором вдоль нагорной канавы у ее дна расположен трубчатый дренаж, гидравлически сообщенный по длине канавы с сезоннопротаивающим слоем склона посредством расположенного в верховом борту канавы фильтрующего слоя грунта.

20 12. Способ создания гидротехнического канала, при котором сначала производят земляные работы по заглублению канала в многолетнемерзлые грунты склона и формированию бортов и дна канала, затем канал в таком виде выдерживают, по меньшей мере, один осенне-зимний период года, что обеспечивает в период выдерживания подвод из сезоннопротаивающего слоя склона к основанию канала ограниченного количества охлажденной воды, необходимой для восстановления естественным путем водонепроницаемости верхнего слоя многолетнемерзлых  
25 грунтов, нарушенной при заглублении канала, и упрощает создание в канале противодиффузионного устройства, выполняемого преимущественно в виде мерзлотной завесы в низовом борту канала.

30 13. Способ по п.12, в котором время выдерживания канала включает два или более осенне-зимних периода года.

35 14. Способ по п.12, в котором, по меньшей мере, сформированное дно канала покрывают защитным слоем, выполненным из грунта заданного зернового состава и предотвращающим в период создания канала поступление в раскрытую пустотелую трещину воды с интенсивностью, способной растеплить эту трещину от входа до  
40 места разгрузки.

45 15. Способ по п.12, в котором канал выдерживают вместе с защитным устройством, которое выполняют в виде трубчатого дренажа, расположенного вдоль канала у его дна и по длине канала гидравлически сообщенного с сезоннопротаивающим слоем склона.

50 16. Способ по п.12, в котором защитное устройство выполняют после выдерживания канала, причем в виде нагорной канавы, расположенной вдоль канала с его верховой по отношению к склону стороны и содержащей мерзлотный пояс, который образует низовой борт канавы.

55 17. Способ по п.12, в котором в случае создания мерзлотной завесы посредством замораживающих колонок, размещенных в пробуренных скважинах, бурение скважин и введение в работу замораживающих колонок в этих скважинах осуществляют в один и тот же осенне-зимний период года.

60 18. Способ по п.12, в котором в случае наличия в канале и/или в нижерасположенной по отношению к каналу части склона пустотелой скважины эту скважину тампонируют.

19. Способ по п.16, в котором в период выдерживания канал эксплуатируют в



режиме нагорной канавы, при этом определяют фактический объем поступающей в канал из сезоннопротаивающего слоя склона воды и объем образуемой ею наледи, после чего уточняют конструкцию и параметры элементов намеченной к созданию нагорной канавы.

5

10

15

20

25

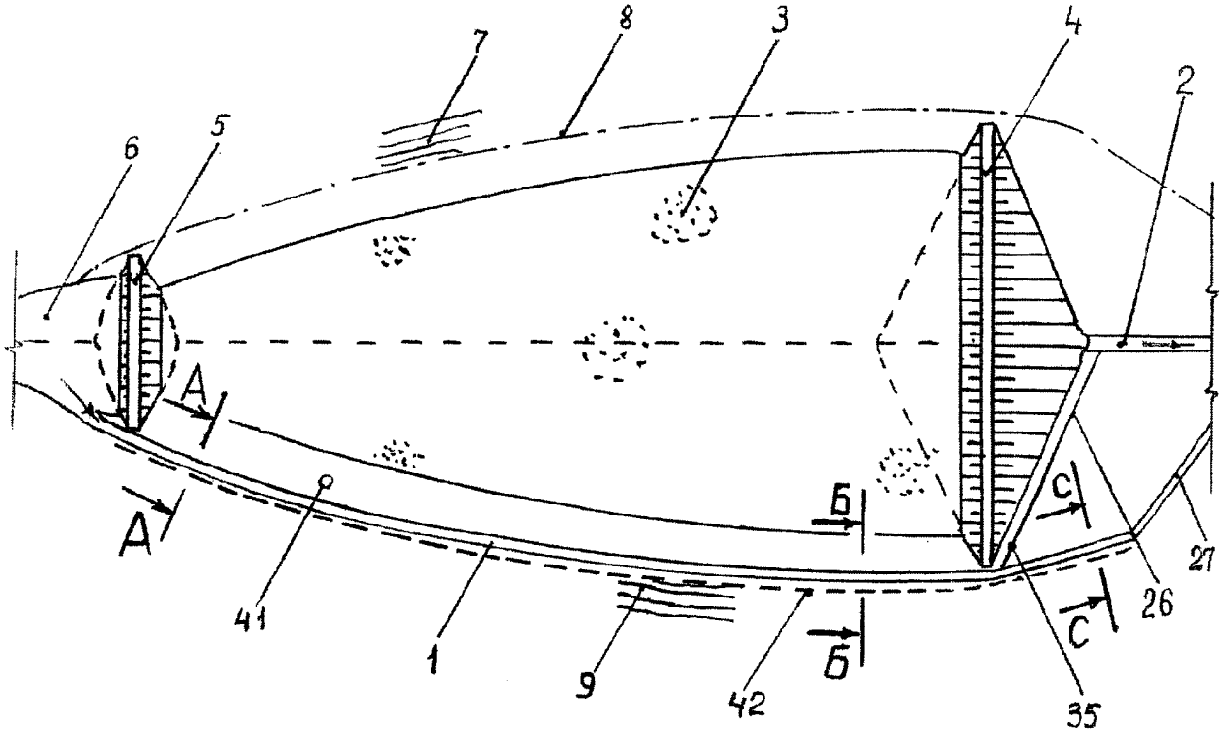
30

35

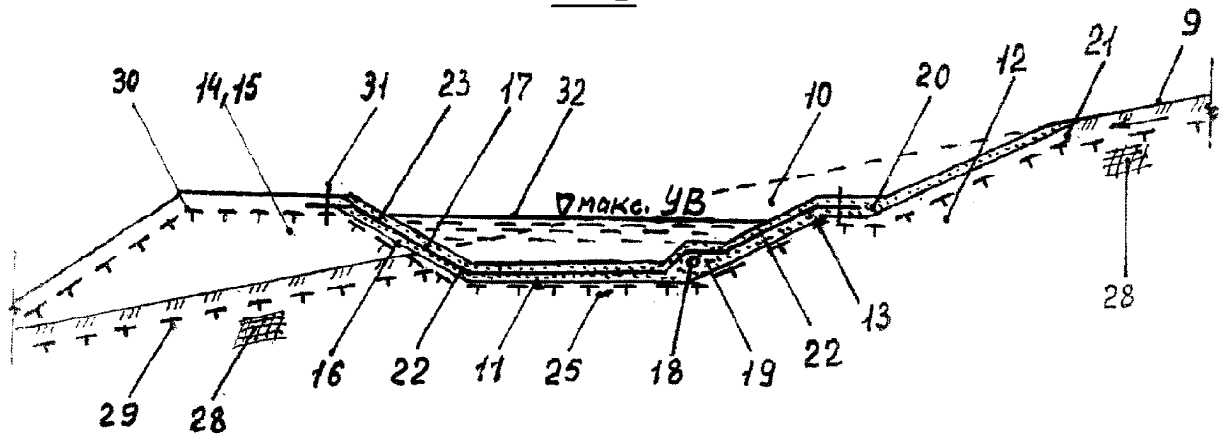
40

45

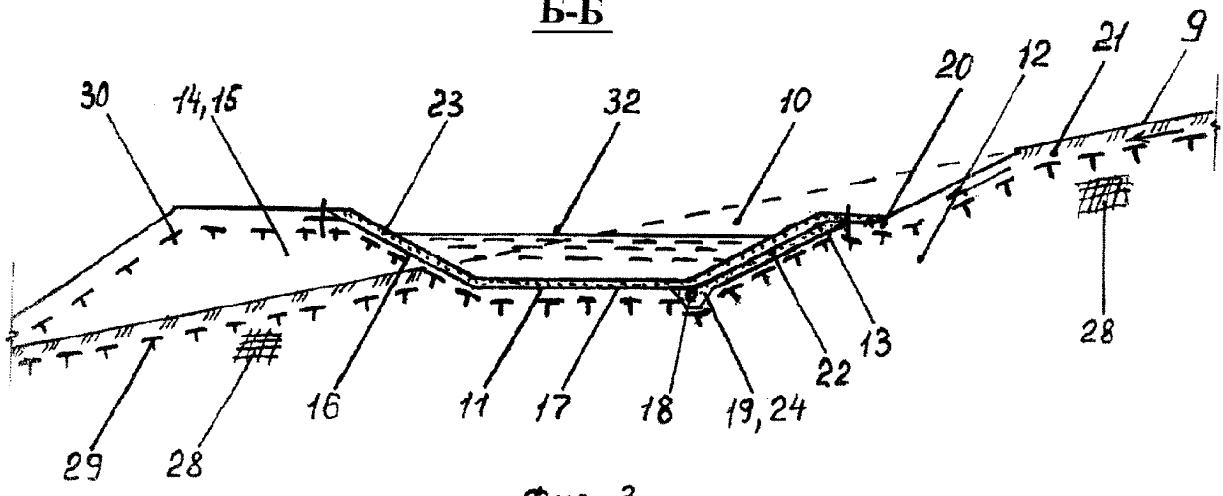
50



Фиг. 1  
A-A

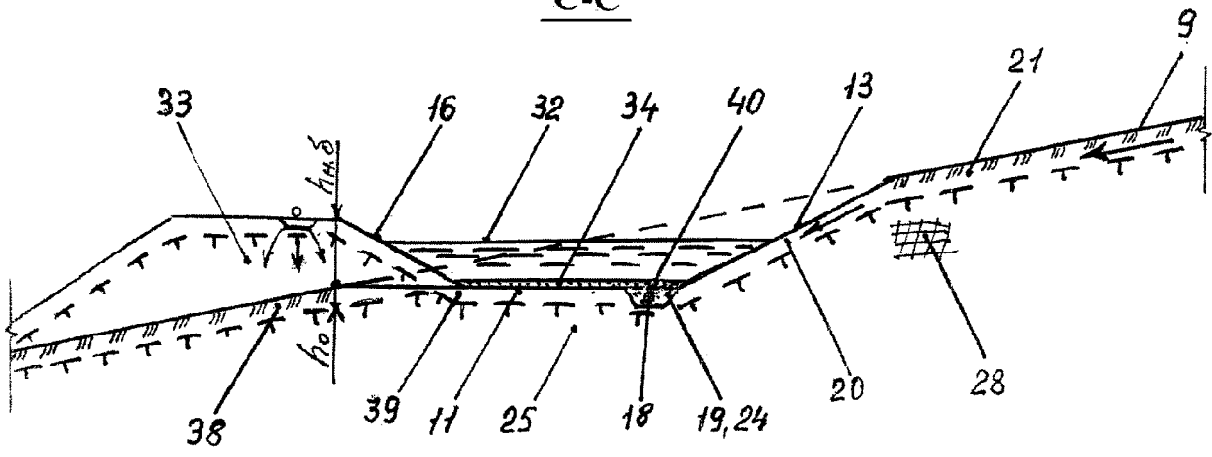


Фиг. 2  
Б-Б



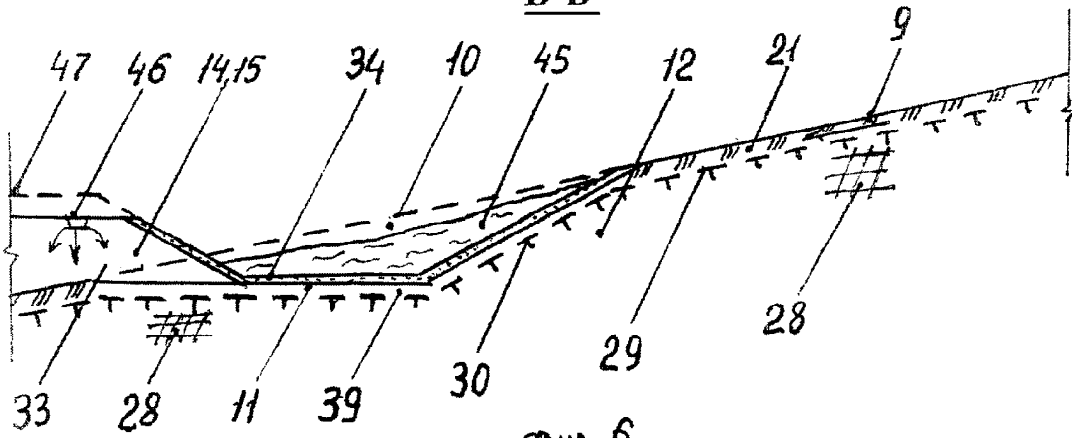
Фиг. 3

C-C



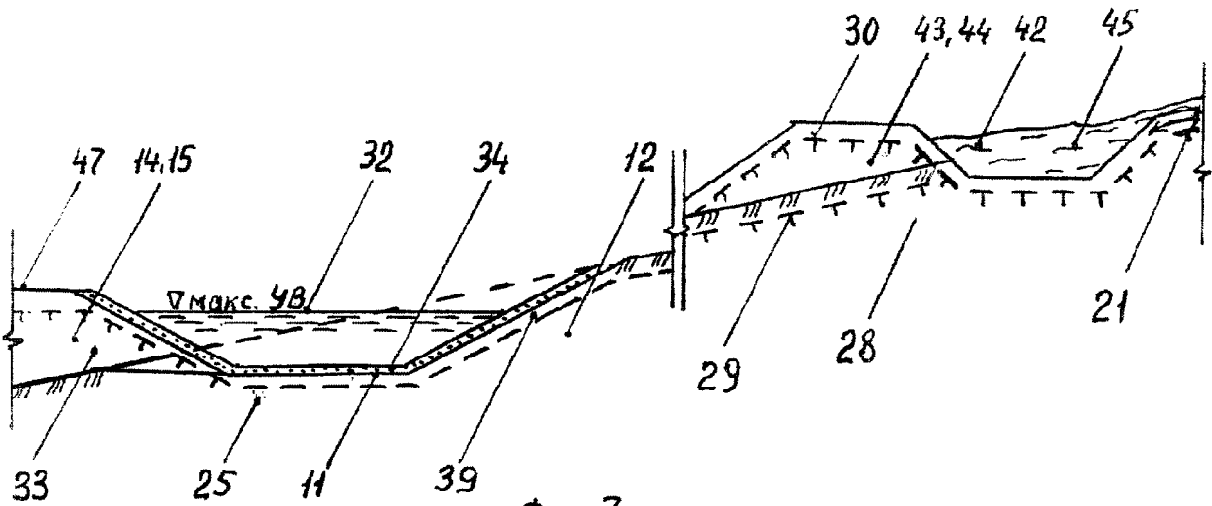
Фиг. 5

Б-Б



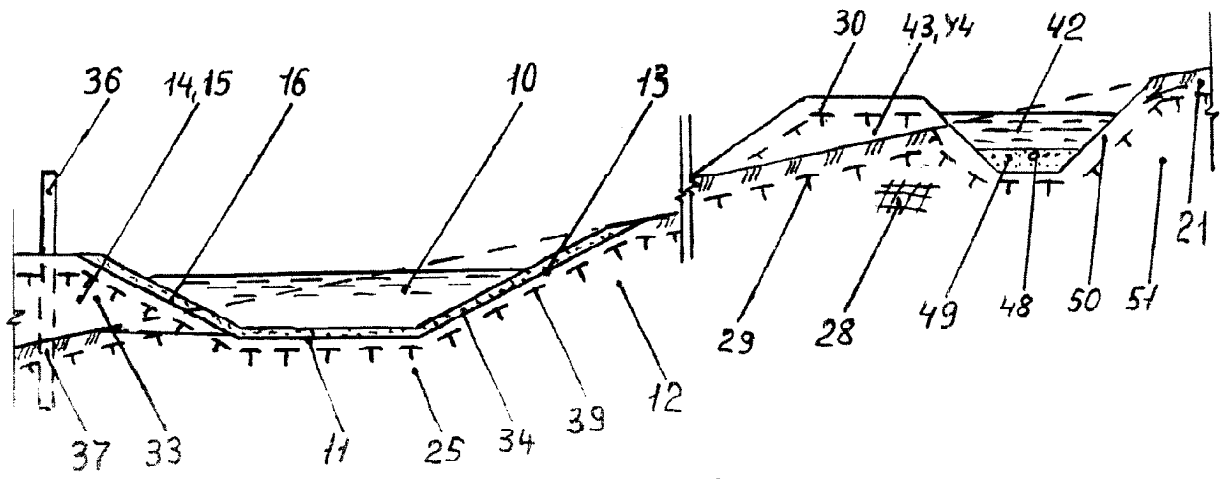
Фиг. 6

Б-Б



Фиг. 7

Б-Б



Фиг. 8