



(51) МПК  
*E02B 17/00* (2006.01)  
*E02D 3/10* (2006.01)  
*E02D 3/11* (2006.01)

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2015133669, 11.08.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
 11.08.2015

Дата регистрации:  
 16.08.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 11.08.2015

(43) Дата публикации заявки: 16.02.2017 Бюл. № 5

(45) Опубликовано: 16.08.2017 Бюл. № 23

Адрес для переписки:

142770, Москва, пос. Сосенское, пос. Газопровод,  
 101, ООО "Газпром добыча шельф Южно-Сахалинск"

(72) Автор(ы):

**Кроха Владимир Алексеевич (RU),  
 Шibaкин Сергей Иванович (RU),  
 Шibaкин Роман Сергеевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Общество с ограниченной ответственностью  
 "Газпром добыча шельф Южно-Сахалинск"  
 (RU)**

(56) Список документов, цитированных в отчете  
 о поиске: RU 2558442 C1, 10.08.2015. SU  
 1705499 A1, 15.01.1992. UA 14176 U, 15.05.2006.  
 SU 1634755 A1, 15.03.1991. EP 1108817 A2,  
 20.06.2001.

(54) Способ консолидации грунтового основания гидротехнического сооружения

(57) Реферат:

Изобретение относится к области гидротехнического строительства. Преимущественной областью применения изобретения является ускорение консолидации грунтового основания гидротехнического сооружения гравитационного и свайно-гравитационного типов, установленного на морское дно в районах мелководного шельфа в сложных природных условиях, когда, как правило, грунтовое основание сложено связными грунтами. Способ консолидации грунтового основания гидротехнического сооружения, устанавливаемого на морское дно, предусматривает погружение сооружения путем принятия сооружением балласта и постановку основания сооружения на морское дно. При этом на морском дне вне зоны постановки сооружения размещают иглофильтры на некотором расстоянии от фундамента сооружения по его периметру, подсоединенные к единой гидравлической системе, в которой создается и поддерживается разрежение вакуумным насосом. Погружают сооружение, балластированием корпуса платформы, до обеспечения расчетного

контакта подошвы фундамента корпуса платформы с морским дном с одновременным задавливанием в грунт основания электродов. После чего иглофильтры соединяют с отрицательным полюсом источника постоянного тока, а электроды подключают к положительному полюсу источника постоянного тока и пропускают электрический ток, обеспечивающий формирование в зоне взаимодействия фундамента с грунтовым основанием области пониженного водонасыщения грунта, обеспечивая консолидацию грунтового основания платформы, по завершении которой электрический ток отключают. Техническим результатом является снижение материалоемкости и трудоемкости при создании гидротехнического сооружения, снижение объема балласта для обеспечения заданной устойчивости гидротехнического сооружения за счет снижения порового давления в грунте, формирующегося в процессе установки сооружения на морское дно, и повышение устойчивости и несущей способности грунтового основания гидротехнического сооружения. 1 з.п.

**RU 2 628 348 C2**

**RU 2 628 348 C2**

ф-лы, 3 ил.

R U 2 6 2 8 3 4 8 C 2

R U 2 6 2 8 3 4 8 C 2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*E02B 17/00* (2006.01)  
*E02D 3/10* (2006.01)  
*E02D 3/11* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2015133669, 11.08.2015

(24) Effective date for property rights:  
11.08.2015

Registration date:  
16.08.2017

Priority:  
(22) Date of filing: 11.08.2015

(43) Application published: 16.02.2017 Bull. № 5

(45) Date of publication: 16.08.2017 Bull. № 23

Mail address:  
142770, Moskva, pos. Sosenskoe, pos. Gazoprovod,  
101, OOO "Gazprom dobycha shelf Yuzhno-Sakhalinsk"

(72) Inventor(s):  
Krokha Vladimir Alekseevich (RU),  
Shibakin Sergej Ivanovich (RU),  
Shibakin Roman Sergeevich (RU)

(73) Proprietor(s):  
Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennostyu  
"Gazprom dobycha shelf Yuzhno-Sakhalinsk"  
(RU)

(54) **METHOD FOR CONSOLIDATION OF GROUND BASE OF HYDROTECHNICAL STRUCTURE**

(57) Abstract:

FIELD: construction.

SUBSTANCE: primary application area of the invention is the consolidation acceleration of the ground base of the hydraulic structure of the gravity and pile-gravity types installed on the seabed in shallow shelf regions in difficult natural conditions, where, as a rule, the ground base is composed of cohesive soils. The method of consolidation of the ground base of the hydraulic structure installed on the seabed provides for the structure immersion by accepting ballast by the structure and setting the structure base onto the seabed. Wherein on the seabed, outside the structure setting area, the wellpoints are placed at some distance from the structure foundation along its perimeter, connected to a single hydraulic system in which underpressure is created and maintained by a vacuum pump. The structure is immersed by ballasting the platform housing, up to ensuring the calculated contact of the foundation bottom of the platform housing with the

seabed while simultaneously pressing the base of the electrodes into the ground. After that, the wellpoints are connected to the negative pole of the direct current source, and the electrodes are connected to the positive pole of the direct current source, and the electric current is passed to ensure the formation of the low ground water saturation area in the interaction area of the foundation with the ground base, ensuring the consolidation of the platform ground base, after which the electric current is switched off.

EFFECT: reducing material consumption and labour intensity while creating a hydraulic structure, reducing the ballast volume for ensuring specified stability of the hydraulic structure due to reducing the pore pressure in the ground, formed during the installation of the structure on the seabed, and increasing the stability and carrying capacity of the ground base of the hydraulic structure.

2 cl, 3 dwg

RU 2 628 348 C2

RU 2 628 348 C2

Изобретение относится к области гидротехнического строительства и может быть использовано при эксплуатации морских гидротехнических сооружений после установки на морское дно для освоения углеводородных ресурсов континентального шельфа.

Преимущественной областью применения изобретения является эксплуатация после постановки на морское дно морских гидротехнических сооружений гравитационного или гравитационно-свайного типов в период, когда происходит консолидация грунтового основания.

Из патента РФ №2337205 известно земляное сооружение на слабых природных основаниях, в котором предлагается способ консолидации грунтового основания путем устройства песчаных свай с песчаной подушкой, по которым отводится грунтовая вода.

Известное сооружение содержит опорное основание в виде песчаной постели под днищем фундамента с песчаными сваями, заглубленными на определенную глубину. Каждая свая представляет собой песчаный цилиндр из хорошо дренированного материала. Песчаные сваи устанавливаются под грунтовой постелью с определенным шагом, зависящим от свойств грунтового основания. По верху песчаные сваи соединены между собой песчаным слоем (постелью), уложенным на естественное основание для организованного отвода поровой воды из грунтового основания.

Недостатками известного решения в части способа являются:

- сложность и большая трудоемкость устройства песчаных свай, связанная с бурением цилиндрических скважин и засыпкой их песчаным грунтом. Вероятность успешной реализации таких операций в реальной обстановке, особенно в сложных природных северных условиях (волнение моря, ледяной покров, низкая температура воды и воздуха), крайне мала. Все это приводит еще и к значительным затратам и продолжительному по срокам выполнению указанных операций.

Кроме этого при воздействии волновой нагрузки на сооружение происходит накопление поровой воды в песчаной постели.

Перечисленные недостатки частично устранены в техническом решении, которое описано в работе Шибакин С.И., Левачев С.Н., Курилло С.В. Фундаменты гравитационных нефтегазодобывающих платформ. М., ВНИИИС, Строительные конструкции, №7, 1988.

В известном решении из указанного источника для ускорения процесса консолидации под днищем фундамента морского объекта устанавливаются иглофильтры, которые соединены в единую гидравлическую систему, в которой поддерживается постоянно разрежение, за счет чего происходит удаление поровой воды и снижение порового давления в грунтовом основании. Однако и этот метод не может достаточно быстро снять поровое давление в основании сооружения и тем более удалить связанную воду из грунта. Это снижает эффективность данного метода. Кроме этого процесс консолидации затягивается на продолжительное время и не успевает закончиться до приложения значительных нагрузок от волн и льда, когда грунтовое основание не обладает достаточной прочностью, что может привести к аварии сооружения.

Неполная консолидация основания приводит к значительным затратам при изготовлении платформы за счет повышенной массы сооружения для обеспечения устойчивости сооружения.

Задачей, на решение которой направлено изобретение, является снижение материалоемкости гидротехнического сооружения за счет ускорения процесса консолидации, а также расхода балласта для обеспечения заданной гравитации с целью обеспечения устойчивости сооружения на действие расчетного сочетания внешних нагрузок при одновременном повышении надежности эксплуатации и снижение рисков

потери устойчивости гидротехнического сооружения после установки его на морское дно за счет ускоренного и более полного удаления связанной воды в процессе консолидации грунтового основания.

5 Техническими результатами, которые обеспечиваются при реализации изобретения, являются следующие:

- снижение материалоемкости и трудоемкости при создании гидротехнического сооружения за счет более полной и быстрой консолидации грунтового основания до приложения основных нагрузок на сооружение;
- снижение объема балласта для обеспечения заданной устойчивости гидротехнического сооружения за счет снижения порового давления в грунте, формирующегося в процессе установки сооружения на морское дно;
- 10 - повышение устойчивости и несущей способности грунтового основания гидротехнического сооружения за счет более полного снятия порового давления в грунтовом основании;
- 15 - повышение надежности и снижение риска потери устойчивости гидротехнического сооружения в период эксплуатации всего комплекса морских инженерных объектов и нефтегазопромыслового оборудования за счет повышения устойчивости гидротехнического сооружения;
- снижение риска возникновения аварийных ситуаций, загрязнения окружающей
- 20 среды по причине потери гидротехническим сооружением устойчивости и нарушения в связи с этим условий нормальной эксплуатации скважинного оборудования и трубопроводных нефтегазопромысловых систем.

Поставленная задача решается тем, что в способе эксплуатации гидротехнического сооружения после постановки на морское дно, предусматривающем погружение

25 сооружения путем принятия сооружением балласта с установкой на грунтовое основание морского дна сооружения, основание которого оборудовано иглофильтрами, заглубляемыми в грунтовое основание, согласно изобретению в грунте морского дна вне зоны постановки сооружения размещают иглофильтры на некотором расстоянии от фундамента сооружения по его периметру, устанавливают сооружение на морское

30 дно с одновременным задавливанием электродов в грунт основания преимущественно по центру сооружения, после чего иглофильтры соединяют с отрицательным полюсом источника постоянного тока, а заглубляемые электроды подключают к положительному полюсу источника постоянного тока и между ними пропускают постоянный

35 электрический ток, обеспечивающий осмотическое движение поровой воды в грунте в направлении от электродов к иглофильтрам, которые подключены к единой гидравлической системе, в которой создается и поддерживается постоянное разрежение вакуумным насосом, за счет чего происходит удаление поровой воды и снижение порового давления в грунтовом основании, что приводит к формированию в зоне постановки сооружения области пониженной водонасыщенности (консолидации) грунта с удалением и поровой воды. Таким образом, происходит ускоренная консолидация

40 грунтового основания как за счет создания разрежения в единой гидравлической системе, подключенной к иглофильтрам, и осмотической фильтрации в направлении от электродов к иглофильтрам. Электрический ток отключают после завершения консолидации грунтового основания, когда поровое давление в грунтовом основании

45 станет равным или близким к нулю.

О завершении формирования области пониженного водонасыщения, согласно изобретению, судят по показаниям датчиков порового давления, установленным в грунтовом основании.

Предлагаемый способ основан на использовании электроосмоса с последующим удалением воды из грунтового основания через иглофильтры, подключенные к единой гидравлической системе, в которой поддерживается постоянное разрежение, за счет чего происходит удаление поровой воды и снижение порового давления в грунтовом основании. Сущность его заключается в следующем.

При обычном способе консолидации грунтового основания с помощью иглофильтров, подключенных к гидравлической системе, в которой создается разрежение, особенно установленных в сооружениях на связных грунтах, консолидация происходит в течение нескольких лет, а иногда и десятков лет, что приводит к снижению несущей способности грунтового основания, так как значительная часть гравитации передается на грунтовую воду, создавая поровое давление, и только ее часть передается на скелет грунта, который сопротивляется сдвигу сооружения. Согласно изобретению, чтобы увеличить прочность грунта под фундаментом гравитационного сооружения, повысить силы трения по подошве фундамента, предлагается обеспечить ускоренный процесс консолидации, сочетающий гидравлический с электрическим потенциалами, с удалением не только свободной воды, но связанной, предлагается использовать электроосмос с подключением заглубленных в грунтовое основание иглофильтров, подключенных к отрицательному полюсу источника постоянного тока, соединенных в единую гидравлическую систему, в которой поддерживается постоянное разрежение, а по центру сооружения устанавливаются электроды, которые подключают к положительному полюсу источника постоянного тока, и пропускают постоянный электрический ток, за счет чего происходит удаление поровой воды и снижение порового давления в грунтовом основании.

Для того чтобы уменьшить рассеивание постоянного тока и сделать более направленную консолидацию грунтового основания, электроды в зоне контакта с сооружением и иглофильтры в верхней части изолируют.

Для этого в грунт морского дна погружают иглофильтры, соединенные с отрицательным полюсом источника постоянного тока (генератора), а через корпус сооружения преимущественно по его центру в грунтовое основание устанавливают электроды, которые соединяют с положительным полюсом того же генератора и пропускают между ними постоянный электрический ток. Иглофильтры подсоединены к единой гидравлической системе, в которой поддерживается постоянное разрежение, за счет чего происходит удаление поровой воды и снижение порового давления в грунтовом основании.

В результате физико-химических процессов, происходящих под действием постоянного электрического тока, вокруг электродов под корпусом сооружения, подключенных к положительному полюсу источника постоянного тока, образуется зона пониженной водонасыщенности, а поровая вода поступает к иглофильтрам, подключенным к отрицательному полюсу источника постоянного тока, из которых с помощью единой гидравлической системы удаляется поровая вода за счет постоянного поддержания разрежения. Таким образом, удаляется поровая вода из грунтового основания сооружения. В результате происходит существенное ускорение процесса консолидации грунта, которая может происходить всего за несколько дней, и повышение прочности грунта обеспечивает повышение устойчивости сооружения при меньших массогабаритных размерах сооружения и меньшем количестве балласта.

Благодаря такой совокупности признаков, находящихся в функциональном единстве, обеспечивается новый, ранее не достигавшийся ни в прототипе, ни в других известных решениях эффект, состоящий в снижении трудоемкости, массы сооружения, а также расхода балласта при одновременном повышении надежности эксплуатационных

свойств гидротехнического сооружения на морском дне в сложных природных условиях.

Сущность изобретения поясняется чертежами, где на фиг. 1 показаны основные узлы гидротехнического сооружения и элементы, обеспечивающие реализацию предлагаемого способа. Изображенная на фиг. 1 ситуация соответствует моменту прихода  
5 гидротехнического сооружения на точку перед началом его постановки на морское дно.

На фиг. 2 приведена схема размещения иглофильтров с их подключением к источнику постоянного тока для проведения электроосмоса; на фиг. 3 показаны основные узлы гидротехнического сооружения и схема организации электроосмоса перед началом  
10 эксплуатации, приведена схема формирования зоны пониженного водонасыщения под основанием гидротехнического сооружения с помощью электроосмоса.

Гидротехническое сооружение содержит (фиг. 1) опорный корпус 1, на котором установлено верхнее строение 2 с источником постоянного тока 3. На морском дне размещают иглофильтры-катоды 4, которые соединены трубопроводами 5 в единую  
15 гидравлическую систему. Иглофильтры 4 размещают (фиг. 2) равномерно вокруг гидротехнического сооружения за пределами зоны его постановки, подключенными с помощью токопроводящих элементов 6 к отрицательному полюсу источника постоянного тока 3. В верхней части иглофильтры 4 могут быть покрыты изолирующим  
20 материалом. Высота изолятора зависит от инженерно-геологических условий на точке строительства. Расстояние между иглофильтрами определяется в зависимости от выбранных условий процесса электроосмоса с учетом комплекса гидрогеологических условий в зоне постановки сооружения на морское дно. В корпусе устроены слот/ы 7 (отверстия) (фиг. 3) преимущественно в центральной части сооружения для погружения электродов 8. Причем верхняя часть электрода 8, контактирующая с сооружением,  
25 покрыта изолирующим материалом 9. Иглофильтры-катоды 4 между собой соединены (фиг. 3) токопроводящим элементом 6, который, свою очередь, соединен с отрицательным полюсом источника постоянного тока 3. С положительным полюсом источника постоянного тока 3 с помощью токопроводящего элемента 6 соединяют корпус электродов 8. На период консолидации основания удаление воды из  
30 иглофильтров 4 производится с помощью вакуумного насоса 10, расположенного либо на специализированном судне 11, либо в фундаментной части корпуса 1 платформы. Иглофильтры подсоединены к единой гидравлической системе 12, к которой подключен вакуумный насос 10, создающий разрежение в системе 12.

Изобретение реализуется следующим образом.

35 В стационарных заводских условиях (например, сухом доке) осуществляют подготовку корпуса 1 гидротехнического сооружения к транспортировке на точку постановки.

Для этого в стационарных условиях на верхнем строении 2 гидротехнического сооружения размещают источник постоянного тока 3 (генератор) и в фундаментной части вакуумный насос 10. Выполняют подготовительные работы по монтажу  
40 токопроводящих элементов 6 для установления электрической связи положительного полюса источника постоянного тока 3 с электродами 8 конструкции сооружения и заглубляемыми в грунт морского дна иглофильтрами 4.

После прихода платформы на точку проводят подготовку для ее установки на морское дно. Для этого за пределами зоны постановки сооружения на морском дне  
45 размещают комплект иглофильтров 4. В зависимости от типа иглофильтров 4 и комплекса гидрогеологических условий в зоне постановки сооружения на морское дно они задавливаются в грунтовое основание либо непосредственно опускаются в заранее пробуренные скважины на определенную глубину в морском дне. После этого

иглофильтры 4 обвязывают трубопроводами, создавая единую гидравлическую систему 12.

Расстояние между иглофильтрами 4 определяют в зависимости от выбранных условий процесса электроосмоса с учетом комплекса гидрогеологических условий в зоне постановки сооружения на морское дно.

После этого с помощью балласта постепенно погружают сооружение с одновременным задавливанием электродов 8 в грунтовое основание до установления контакта фундаментной части с морским дном. Возможна установка электродов 8 через слоты 7, через которые пробурены скважины на определенную глубину и в них погружают электроды 8.

После установления контакта плиты фундамента с морским дном, установки анодов 8 и подключения иглофильтров 4 к отрицательному полюсу источника постоянного тока начинается процесс электроосмоса. Одновременно единую гидравлическую систему 12 подключают к вакуумному насосу 10.

Поэтому для повышения эффективности электроосмоса, сокращения времени и энергозатрат на формирование под фундаментом сооружения зоны пониженной водонасыщенности грунта целесообразно в качестве анода использовать заглубляемые электроды-аноды 8, а по периметру сооружения устанавливать иглофильтры-катоды 4 и пропускать между ними постоянный электрический ток.

В результате пропускания между электродами электрического тока происходит направленное движение воды в грунте морского дна как свободной, так и связанной от электрода 8 к иглофильтру 4 с формированием в зоне катода области повышенного водонасыщения (повышенного порового давления). Поступившая поровая вода в иглофильтры 4 откачивается по единой гидравлической системе 12, например, насосом, установленным на специализируемом судне 11, или насосом, установленным в фундаментной части корпуса, поровая вода подается в акваторию.

Пониженное поровое давление в результате уменьшения водонасыщенности существенно повышает прочность грунта. Повышение прочности грунта приводит к снижению массы сооружения и балласта для обеспечения устойчивости сооружения. Вода, поступившая к катоду, может быть откачана с помощью иглофильтра.

Таким образом, при пропускании постоянного электрического тока между электродами значительно повышается прочность грунтового основания и вся нагрузка передается на скелет грунта при нулевом значении или близком к нему порового давления.

Для получения максимального эффекта от повышения несущей способности грунтового основания окончательную балластировку сооружения и установку его на морское дно целесообразно проводить после завершения формирования под основанием сооружения области пониженного водонасыщения. Об этом можно судить, например, с помощью датчиков порового давления (по уменьшению и последующей стабилизации их показаний).

Повышение несущей способности грунта (повышение прочности грунтового основания) во время постановки сооружения на морское дно позволяет отказаться от дополнительной балластировки опорного блока, в результате чего снижаются объемы балластных цистерн и размеры опорного блока.

Кроме этого повышение прочности грунта описанным способом позволяет обеспечить надежную эксплуатацию сооружения на континентальном шельфе при неблагоприятных характеристиках грунта и факторов внешней среды (лед, жесткое волнение). Это, в отличие от известных решений, позволяет обеспечить в кратчайшие



сроки до наступления ледостава проектную устойчивость морского сооружения к воздействию комплекса факторов внешней среды в районах шельфа замерзающих морей.

5 Таким образом, применение предлагаемого способа позволяет расширить диапазон глубин (в сторону значительного увеличения их значения), на которых возможно эффективное использование гравитационных или гравитационно-свайных сооружений.

Проведенный анализ уровня техники показал, что заявленная совокупность существенных признаков, изложенных в формуле изобретения, неизвестна. Это позволяет сделать вывод о ее соответствии критерию «новизна».

10 Для проверки соответствия заявленного изобретения критерию «изобретательский уровень» проведен дополнительный поиск известных технических решений с целью выявления признаков, совпадающих с отличительными от прототипа признаками заявленного технического решения. Установлено, что заявленное техническое решение не следует явным образом из известного уровня техники. Следовательно, заявленное  
15 изобретение соответствует критерию «изобретательский уровень».

Описанное выше новое, промышленно применимое техническое решение представляет собой единый изобретательский замысел, отвечает, на наш взгляд, критерию изобретательского уровня, в связи с чем предлагается к правовой охране патентом на изобретение.

20

#### (57) Формула изобретения

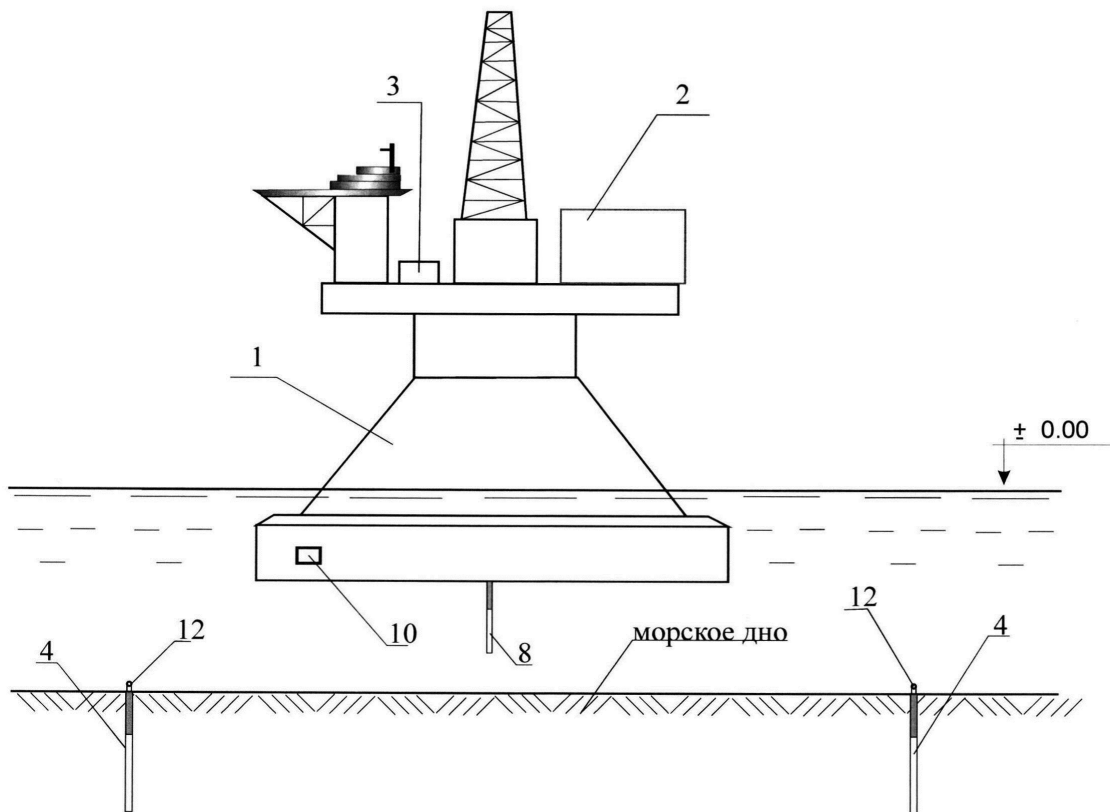
1. Способ консолидации грунтового основания гидротехнического сооружения, устанавливаемого на морское дно, предусматривающий погружение сооружения путем принятия сооружением балласта и постановку основания сооружения на морское дно,  
25 погружением в грунт основания иглофильтров, отличающийся тем, что на морском дне вне зоны постановки сооружения размещают иглофильтры на некотором расстоянии от фундамента сооружения по его периметру, подсоединенные к единой гидравлической системе, в которой создается и поддерживается разрежение вакуумным насосом, погружают сооружение, балластированием корпуса платформы, до обеспечения  
30 расчетного контакта подошвы фундамента корпуса платформы с морским дном с одновременным задавливанием в грунт основания электродов, после чего иглофильтры соединяют с отрицательным полюсом источника постоянного тока, а электроды подключают к положительному полюсу источника постоянного тока и пропускают электрический ток, обеспечивающий формирование в зоне взаимодействия фундамента  
35 с грунтовым основанием области пониженного водонасыщения грунта, обеспечивая консолидацию грунтового основания платформы, по завершении которой электрический ток отключают.

2. Способ консолидации грунтового основания гидротехнического сооружения по п.1, отличающийся тем, что электроды в зоне контакта с сооружением и иглофильтры  
40 в верхней зоне грунтового основания изолируют.

45

1

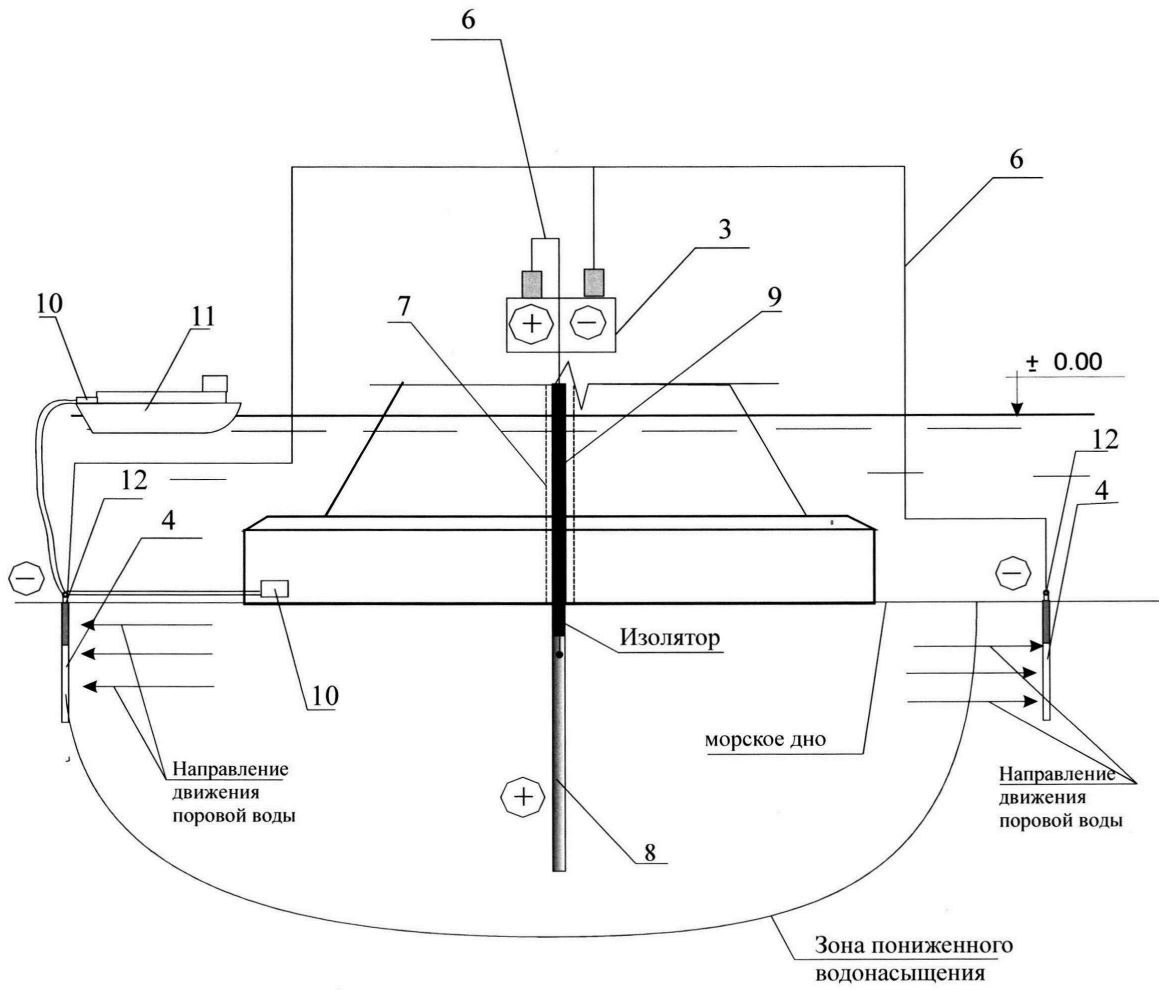
Способ консолидации грунтового основания гидротехнического сооружения



Фиг. 1. Гидротехническое сооружение на точке установки

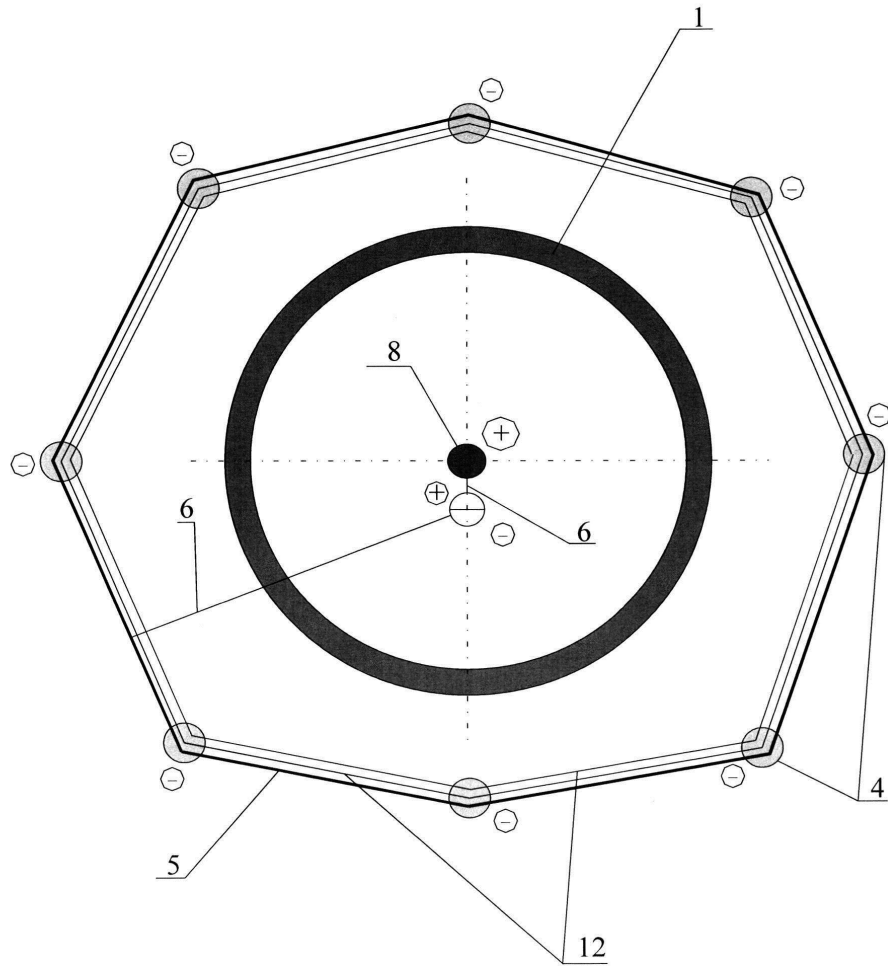
2

Способ консолидации грунтового основания гидротехнического сооружения



Фиг. 2. Схема формирования зоны пониженного водонасыщения

Способ консолидации грунтового основания гидротехнического сооружения



Фиг. 3. Схема расположения электродов