



**ВЕСТНИК ПНИПУ.
СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА
Т. 9, № 2, 2018
PNRPU BULLETIN.
CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE**
<http://vestnik.pstu.ru/arhit/about/inf/>



DOI: 10.15593/2224-9826/2018.2.07

УДК 691.175

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Д.А. Семёнов, В.И. Клевеко

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

О СТАТЬЕ

Получена: 22 декабря 2017

Принята: 26 марта 2018

Опубликована: 29 июня 2018

Ключевые слова:

геосинтетическая оболочка, искусственный остров, подпорная стена, обезвоживание, донные отложения, пульпа, дорожная одежда, песчаная подушка.

АННОТАЦИЯ

Представлены результаты анализа применения геосинтетических оболочек в строительстве, в частности: при строительстве искусственных островов, плотин, подпорных стен, автомобильных дорог и железнодорожных путей, устройстве оснований фундаментов на слабых грунтах, а также обезвоживании донных отложений и других суспензий с последующим их использованием или захоронением. Описана технология строительства искусственных островов с помощью геооболочек, включающая в себя подготовку участка строительства, удаление острых предметов, установку защитного слоя, наполнение оболочек на специальных баржах при помощи землесосного снаряда и размещение их в необходимом месте, послойную укладку оболочек с заполнением пустот грунтом, покрытие образованной конструкции защитным слоем из геотекстиля и слоем каменной наброски с дальнейшим намывом грунта в пространство, образованное плотиной, проведением коммуникаций и строительством на поверхности искусственной суши. Приведены фрагмент кладки геооболочек при возведении дамбы вокруг будущей суши, отображающий возможность расположения геосинтетических оболочек в несколько рядов по горизонтали и вертикали для достижения необходимых параметров конструкции, и поперечное сечение защитного геотекстильного слоя с якорными трубами по краям, заполненными донными отложениями, и геооболочкой. Представлен порядок производства работ при сооружении плотин из геосинтетических оболочек. Выявлены преимущества обезвоживания и утилизации донных отложений и жидких отходов с помощью геосинтетических оболочек, заключающиеся в экологичности, экономичности по сравнению с аппаратными методами, малой численности персонала, небольшой продолжительности работ, высокой скорости закладки пульпы, комплексности технологических процессов и возможности дальнейшего использования оболочек. Приведена систематизированная технология обезвоживания отходов, снабженная подробными комментариями каждого шага и дополненная изображением поперечного сечения полигона с оболочкой. На основании проведенного патентного исследования выявлены и охарактеризованы перспективные направления использования геосинтетических оболочек.

© ПНИПУ

© Семёнов Дмитрий Александрович – магистрант, e-mail: s7dmit@yandex.ru.

Клевеко Владимир Иванович – кандидат технических наук, доцент, e-mail: spstf@pstu.ac.ru.

Dmitry A. Semenov – Master Student, e-mail: s7dmit@yandex.ru.

Vladimir I. Kleveko – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: spstf@pstu.ac.ru.

USE OF GEOSYNTHETIC SHELLS IN CONSTRUCTION

D.A. Semenov, V.I. Klevko

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

ARTICLE INFO

Received: 22 December 2017
Accepted: 26 March 2018
Published: 29 June 2018

Keywords:

geosynthetic shell, artificial island, retaining wall, dehydration, bottom sediments, pulp, road clothes, sand cushion.

ABSTRACT

In the article "Use of geosynthetic shells in construction" is presents the results of analysis of the application of geosynthetic shells in construction, in particular: for the construction of artificial islands, dams, retaining walls, highways and railways, foundation of foundations on weak soils, and dehydration of bottom sediments and other suspensions with subsequent use or burial. The technology of constructing artificial islands with the help of geo-shells is described, including the preparation of the construction site, the removal of sharp objects, the installation of a protective layer, the filling of shells on special barges with the help of a dredging projectile and placing them in the necessary place, layered packing of shells with filling of voids with soil, construction with a protective layer of geotextile and a layer of rock outline with further soil deposition in the space formed by the dam, communication and construction on the surface of artificial land. A fragment of the laying of geo-shells during the erection of a dam around the future land is presented, showing the possibility of locating geosynthetic shells in several rows horizontally and vertically to achieve the necessary design parameters, and a cross-section of the protective geotextile layer with anchor pipes along the margins filled with bottom sediments and a geo-shell. The order of production of works for the construction of dams from geosynthetic shells is presented. The advantages of dehydration and utilization of bottom sediments and liquid wastes with the help of geosynthetic shells are included. They consist of ecological compatibility, economicality in comparison with hardware methods, small number of personnel, short duration of work, high pulping rate, complexity of technological processes and the possibility of further use of shells. A systematic waste dehydration technology is provided, provided with detailed comments of each step, and is supplemented with a cross-sectional image of the shell polygon. Based on the patent study carried out, prospective directions for the use of geosynthetic shells have been identified and characterized.

© PNRPU

Введение

Геосинтетические оболочки возникли сравнительно недавно и применялись сначала только в гидротехническом строительстве. Со временем появились предложения о других сферах их применения, и только в наши дни геосинтетические оболочки начали использоваться в транспортном, подземном и природоохранном строительстве, при том что они вводятся в короткие сроки, повышают несущую способность грунтов, уменьшают неравномерность осадки насыпи, позволяют использовать имеющийся, а не привозной грунт, снижают вредное воздействие на окружающую среду и выполняют ряд других функций.

Рассмотрим более подробно области применения геосинтетических оболочек. Наибольшее распространение оболочки получили в гидротехническом строительстве, где они применяются при строительстве искусственных островов, дамб, берегоукрепительных сооружений, защите мостовых опор, обезвоживании ила водоемов и в ряде других случаев.

Наиболее яркий пример – использование геосинтетических оболочек для создания новой суши.

Основная часть

Для формирования антропогенной суши по ее будущей границе возводится плотина из геооболочек для намыва грунта. Поперечное сечение защитного фартука с оболочкой представлено на рис. 1.



Рис. 1. Поперечное сечение защитного фартука и геосинтетической оболочки
Fig. 1. The cross-section of protective apron and geosynthetic sheath

Для строительства искусственных сооружений может потребоваться одна или несколько оболочек в зависимости от их пространственной конфигурации. Конструкция из двух вертикальных рядов геоболочек представлена на рис. 2.

Наиболее часто производят установку заранее заполненных геосинтетических оболочек, для чего используют особые баржи с раскрывающимся днищем. Учитывая одновременную добычу, перемещение грунта и наполнение оболочек при помощи земснаряда, пульпопровода и баржи, данный метод более оптимален.

Созданию антропогенной суши с использованием геоболочек предшествуют подготовительные работы. Выравнивается территория производства работ и удаляются посторонние предметы. Укладывается слой геотекстиля с якорными трубами по краям для защиты оболочки от размыва. Устанавливаются в проектное положение геосинтетические оболочки. Для обеспечения сохранности

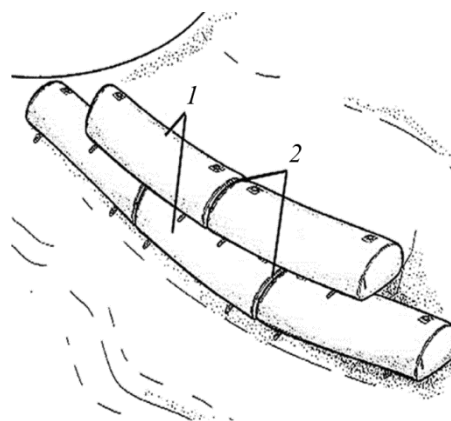


Рис. 2. Фрагмент кладки оболочек после заполнения: 1 – заполненная оболочка; 2 – стыки оболочек
Fig. 2. The fragment of laying shells after filling: 1 – filled shell; 2 – joints of shells

оболочек сверху их посыпают землей. Пространство между оболочками в конструкции также заполняется грунтом для увеличения прочности. Уложенные ряды оболочек покрывают еще одним слоем геотекстиля с якорными трубами и маскируют различными природными материалами для визуальной гармонии сооружения с окружающим средой. В ограниченную геосинтетическими оболочками площадь землесосным снарядом намывается грунт, монтируются инженерные сети и возводятся различные постройки [1].

Геосинтетические оболочки рационально применять для фиксации низового откоса грунтовых плотин. Использование геоболочек приводит к снижению расхода ресурсов, уменьшению сложности работ и объема финансовых затрат благодаря низкой стоимости оболочек и местных строительных материалов для их наполнения, а также применению высокоэффективных машин (например, земснаряда). Помимо этого, такой вариант гарантирует высокую скорость и простоту устройства элементов крепления откоса [2, 3].

Технология геотубирования часто используется для обезвоживания донных отложений. Материал геотекстиля и специальное плетение создают поры, пропускающие воду наружу и удерживающие внутри твердые частицы [4].

При очистке водного объекта сначала выравнивается площадка для размещения оболочек и удаляются предметы, способные их повредить. По периметру площадки формируется траншея для сбора воды, укладывается водонепроницаемая мембрана и устраивается дренажный слой из щебня. На подготовленную поверхность равномерно разматываются геосинтетические оболочки. Монтируются трубопроводы, подающие пульпу. На основании предварительно проведенных испытаний готовится реагентный раствор для дезинфекции и стабилизации отложений и ускорения процесса обезвоживания. По окончании подготовительных мероприятий начинается нагнетание пульпы в оболочки. По мере выхода воды и уменьшения объема оболочек выполняют подкачку пульпы. Через месяц после последней подачи пульпы оболочки вскрывают для транспортировки донных отложений или их использования на местности. Возможно использование геосинтетических оболочек, наполненных донными отложениями, для берегоукрепления, формирования дамб обвалования и других целей [5].

Нагнетание пульпы в оболочки может осуществляться в течение всего года, если трубы защищены от замерзания, однако подача пульпы в оболочку с замерзшими отложениями не является продуктивной и увеличивает риск переполнения.

Производительность и требования устанавливают не оболочки, а используемые машины и оборудование, а также имеющаяся площадь для производства работ, что существенно отличается от аппаратных методов обезвоживания. Размеры геосинтетических оболочек не должны превышать предельно допустимых значений, установленных расчетом, и подлежат контролю во время заполнения. Наибольший выход воды наблюдается в течение 10–14 дней. Максимальное снижение влажности достигается путем зимнего замораживания, для чего оболочку оставляют на полигоне на зиму. Изъятие отложений осуществляют через месяц после оттаивания. Поперечное сечение площадки с геосинтетической оболочкой представлено на рис. 3 [6].

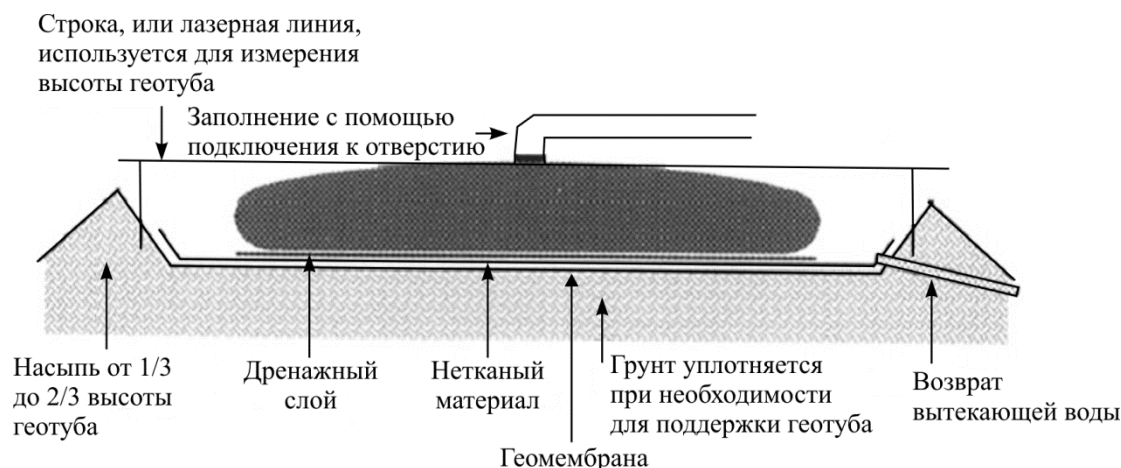


Рис. 3. Поперечное сечение площадки с геосинтетической оболочкой
Fig. 3. The cross-section of the site with a geosynthetic shell

Данный метод успешно применялся для обезвоживания различных загрязненных суспензий, содержащих диоксины, полихлорированные бифенилы, полиароматические углеводороды, пестициды, тяжелые металлы и другие загрязняющие вещества.

Среди преимуществ метода геотубирования можно отметить:

- малую продолжительность работ и численность обслуживающего персонала: обезвоживание по методу геотубирования требует участия 10–30 человек по сравнению с 100 для

ленточного пресса. Геосинтетические оболочки практически не нуждаются в контроле и обслуживании. Ленточный пресс и центрифуги требуют непрерывного наблюдения и наладки;

- низкую степень воздействия на окружающую среду за счет закрытой системы: отсутствие неприятных запахов, вероятностей разлива загрязнителей, а также уменьшение опасности для обслуживающего персонала и населения близлежащих территорий. Применение ленточного пресса приводит к тому, что твердые частицы попадают в воздух, образуют вредные газы, проникают в почву и представляют опасность для работников;

- небольшие финансовые затраты: в ходе исследований содержание, обезвоживание и уплотнение 2500 м³ загрязненных отложений стоило менее 4 долл. за 1 м³. Стоимость аренды ленточного пресса составила 22 500 долл.;

- большой ассортимент геосинтетических оболочек;

- высокую скорость нагнетания пульпы: от 90 до 270 м³/ч. Наибольшая скорость нагнетания пульпы для ленточного пресса порядка – 40 м³/ч;

- возможность транспортировки обезвоженных донных отложений непосредственно в оболочки до места их дальнейшего захоронения или использования. После переработки возможна их продажа в качестве удобрений для применения в сельском хозяйстве. Оболочки самокупаемы, так как реализация удобрений покрывает все расходы на их использование [7–9].

Основной недостаток метода – низкая скорость фильтрации вследствие невысокой водоотдачи донного ила, для ускорения процесса фильтрации используют реагентный раствор.

Сравнительно недавно появилось предложение обезвоживания хвостов обогащения в геосинтетических оболочках. Суть такого решения состоит в подаче хвостов обогащения в оболочку по пульпопроводу, обезвоживании путем выхода воды и новых подач материала до максимального наполнения. После наполнения оболочки в ней происходит консолидация обезвоживаемого материала. Влажность зависит от природы материала, но активная стадия использования оболочки заканчивается на текучепластичной консистенции хвостов.

Главные достоинства геосинтетических оболочек при захоронении хвостов обогащения:

- малая продолжительность подготовительных работ;

- отсутствие потребности в инфраструктуре;

- защита от проникновения атмосферных осадков и, соответственно, увеличения влажности;

- малая площадь за счет укладки оболочек в несколько слоев по высоте;

- простое оборудование;

- производство работ непосредственно на месте захоронения или складирования хвостов;

- отсутствие требований к составу обезвоживаемых материалов;

- небольшие затраты энергии.

Исходя из этого, метод обезвоживания загрязненных суспензий в геосинтетических оболочках может стать достойной заменой аппаратным методам обезвоживания хвостов на обогатительных фабриках. Кроме того, оболочки позволяют использовать отходы в составе конструкций, сооружать вместительные полигоны, исключать отрицательное воздействие на окружающую среду и способствовать формированию рекреационных ландшафтов [10].

Геосинтетические оболочки могут использоваться в конструкции автомобильных дорог для увеличения их несущей способности и долговечности.

Традиционная технология строительства автодорог с размещением одежды на геотекстиль не позволяет уплотнить грунт земляного полотна на обочинах и откосах так же, как под дорожной одеждой. Помимо этого, дорожная одежда, укладываемая на земляное полотно, чрез некоторое время вытесняет из-под себя грунт, ничем не закрепленный по границам проезжей части, результатом чего является искривление дорожной одежды, появление разрывов и увеличение динамических нагрузок.

Дорожная одежда с использованием геосинтетической оболочки включает в себя земляное полотно и слой щебня, обернутые геотекстилем с замковым креплением краев, формирующим оболочку. На оболочку укладывается и трамбуется асфальтобетон. Причем перед устройством асфальтобетона в начале и в конце участка дороги геотекстиль подгибают к замковым креплениям. Данный вариант одежды обеспечивает более распределенное уплотнение земляного полотна и щебня, завернутых в геотекстиль, повышенную плотность и, следовательно, большую несущую способность. Технология устройства включает размещение на подготовленном отрезке геотекстиля, в 2–3 раза превосходящего ширину дороги, формирование земляного полотна, устройство слоя щебня с загибанием краев геотекстиля по бокам, закрепление краев геотекстиля в замок, пропитку битумом и устройство асфальтобетона.

На рис. 4 изображена конструкция дороги из геосинтетической оболочки. По данным исследований, данная конструкция способна заметно повысить срок службы автомобильных дорог [11].

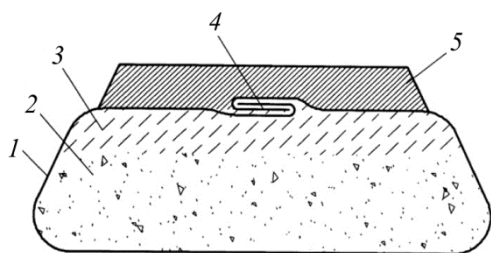


Рис. 4. Конструкция дорожного полотна из геосинтетической оболочки: 1 – геотекстиль; 2 – земляное полотно; 3 – щебень; 4 – замковое соединение; 5 – асфальтобетон

Fig. 4. The construction of the roadbed from the geosynthetic shell: 1 – geotextile; 2 – earthen cloth; 3 – rubble; 4 – locking joint; 5 – asphaltic concrete

Использование геосинтетических оболочек особенно эффективно на различных слабых, неустойчивых или нарушенных грунтах, в том числе на подтопленных и заболоченных территориях. Для улучшения сцепления шин автомобилей с дорогой в конструкцию дорожной одежды могут включаться тепловые трубы [12, 13].

Геосинтетические оболочки могут использоваться в качестве естественного основания на слабых грунтах для снижения деформированности песчаной подушки и уменьшения напряжений, передаваемых на слабое грунтовое основание, за счет криволинейного очертания подошвы.

Суть технологии состоит в граничном армировании песчаной подушки геотекстилем, работающим на растяжение, что ведет к снижению поперечных деформаций песка подушки. Достижимый результат заключается в уменьшении осадки фундаментов на слабых грунтах. Увеличение несущей способности песчаной подушки достигается за счет того, что песок подушки хорошо работает на сжатие, а геотекстиль – на растяжение. На рис. 5 показана песчаная подушка в геосинтетической оболочке. Технология производства работ включает несколько стадий:

– выемка грунта экскаватором с последующим ручным формированием нужной кривизны котлована;

- укладка геотекстиля на поверхности котлована;
- засыпка котлована песком с послойным уплотнением, после завершения засыпки края геотекстиля заворачиваются внахлест;
- устройство фундамента.

Преимуществом метода по сравнению с распространенными вариантами устройства фундаментов на слабых грунтах являются небольшие финансовые затраты на применяемые при формировании песчаной армированной подушки с криволинейной подошвой материалы, а также простота ее монтажа [14].

Возможно использование геосинтетических оболочек при изготовлении модуля безбалластного железнодорожного пути для снижения расхода материалов, а также увеличения прочности и упругости, обеспечивающих постоянство геометрии пути.

Метод отличается тем, что арматурные каркасы подрельсовых железобетонных балок облачают в геооболочки, на которые с заданным шагом надевают зажимные скобы с опорными пластинами и петлями для крепления рельс, а также зажимные скобы, между которыми установлены стальные поперечины, после чего укладывают заготовку модуля в перевернутом виде в форму, закрывают ее крышкой и нагнетают с торца формы в оболочку бетон, держат модуль в форме до затвердевания бетона, после чего достают модуль из формы и переворачивают его, затем между петель подрельсовых балок располагают упругие прокладки, на которые устанавливают рельсы, после чего в петли вставляют фиксаторы. Применение геооболочки уменьшает влияние отрицательных факторов окружающей среды на железобетонные балки и увеличивает величины прочности и упругости [15].

В России недавно начали использовать геосинтетические оболочки при строительстве подпорных стен. В частности, при строительстве дороги в г. Находке Приморского края в условиях стесненной застройки. При строительстве подпорной стены оболочки растягивали на каркасе и заполняли грунтом. Оболочки устанавливались в 4 вертикальных ряда. Каждый последующий ряд монтировали со сдвигом на 0,3 м. Поверхность подпорной стенки выровняли и приспособили в качестве нижнего слоя основания дорожной одежды.

К неоспоримым преимуществам данного метода относятся:

- снижение финансовых расходов на возведение конструкции;
- уменьшение продолжительности работ;
- возможность применения местных грунтов в качестве заполнителя;
- долговечность;
- малая чувствительность к неравномерной осадке грунта;
- высокая стойкость к динамическим (в том числе сейсмическим) нагрузкам;
- поглощение вибрации геосинтетическими оболочками, а также их высокие показатели прочности и морозоустойчивости [16–18].

Геосинтетические оболочки хорошо зарекомендовали себя в гидротехническом строительстве. Несмотря на ряд ограничений, связанных в первую очередь со скоростью фильтрации и максимальной глубиной проведения работ, они имеют ряд преимуществ:

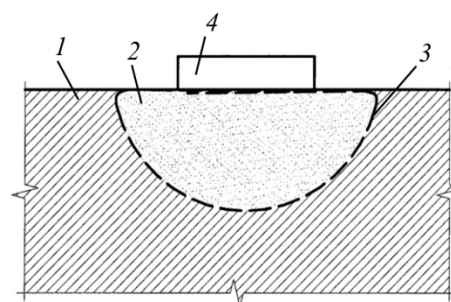


Рис. 5. Песчаная подушка в геосинтетической оболочке:
1 – грунт основания; 2 – песок;
3 – геотекстиль; 4 – фундамент
Fig. 5. The sand cushion in the geosynthetic shell: 1 – foundation soil; 2 – sand; 3 – geotextile; 4 – foundation

- одновременное выполнение нескольких функций, например, при строительстве искусственного острова с применением оболочек новая суша сразу будет иметь берегоукрепительные сооружения из этих оболочек;
- малое вредное воздействие на окружающую среду;
- снижение финансовых затрат благодаря использованию местного грунта, многократной эксплуатации оболочек и реализации обезвоженного сапропеля;
- высокая автоматизация операций.

Заключение

В других сферах применения, таких как подземное и транспортное строительство, геосинтетические оболочки применяются для равномерного распределения осадок, снижения динамических нагрузок, недопущения выдавливания и вымывания грунта, снижения себестоимости, а также увеличения несущей способности и долговечности конструкций. Вследствие того что геосинтетические оболочки вышли за рамки гидротехнического строительства сравнительно недавно, ряд вопросов остаются открытыми, в частности оптимальная пространственная конфигурация геооболочек для подземного и городского строительства.

Библиографический список

1. Семёнов Д.А., Калошина С.В. Строительство искусственных островов с помощью технологии Geotube // Строительство и архитектура. Опыт и современные технологии. – 2016. – № 7. – С. 294–302.
2. Пиявский С.А., Родионов М.В., Холопов И.С. Применение геосинтетических оболочек в гидротехническом строительстве // Вестник Московского государственного строительного университета. – 2012. – № 6. – С. 54–61.
3. Михасек А.А., Родионов М.В. Надежность низконапорных гидроузлов с грунтовыми плотинами // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2013. – № 7(12). – С. 20–29.
4. Danaher J. Evaluating geotextile technology to enhance sustainability of agricultural production systems in the U.S. Virgin Islands // Aquaponics Journal. – 2008. – No. 50. – P. 18–20.
5. Шабарова М.Е., Максимова С.В. Реабилитация городских водоемов с использованием технологии Geotube® // Международный студенческий научный вестник. – 2015. – № 3. – С. 87–90.
6. Использование ресурсного потенциала донных отложений сооружений по очистке сточных вод предприятий химической отрасли г. Березники / Е.В. Калинина, Л.В. Рудакова, М.С. Дьяков, Н.Е. Коробова // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2011. – № 4. – С. 96–106.
7. Geotextile tube dewatering of contaminated sediments / T.W. Yee, C.R. Lawson, Z.Y. Wang [et al.] // Geotextiles and Geomembranes. – 2012. – No. 31 – P. 39–50. DOI: 10.1016/j.geotexmem.2011.07.005
8. Жапарова С.Б., Уразбаева С.Н., Жанабаев А.С. Техничко-экономическая оценка методов очистки оз. Копа от иловых отложений // Вестник Омского регионального института. – 2017. – № 1. – С. 93–97.
9. Блохин С.А. Очистка водоемов с использованием технологии Geotube // Синергия наук. – 2017. – № 11. – С. 849–857.

10. Емельяненко Е.А., Ангелов В.А., Емельяненко М.М. Разработка способа формирования техногенного образования из хвостов обогащения медно-колчеданных руд с заданными структурными характеристиками // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2012. – № 1. – С. 13–16.
11. Конструкция и способ возведения автомобильных дорог: пат. 2365700 Рос. Федерация. № 2007103458/03; заявл. 29.01.2007; опубл. 27.08.2009. – 7 с.
12. Инюткин А.М. Укрепление дорожных оснований геосинтетическими материалами // Мир дорог. – 2015. – № 85. – С. 46–56.
13. Конструкция автомобильных дорог: пат. 127083 Рос. Федерация. № 2012151119/03; заявл. 28.11.2012; опубл. 20.04.2013. – 5 с.
14. Армированная песчаная подушка с криволинейной подошвой: пат. 2522268 Рос. Федерация. № 2012143532/03; заявл. 11.10.2012; опубл. 10.07.2014. – 5 с.
15. Способ изготовления и устройство модуля безбалластного железнодорожного пути: пат. 2630362 Рос. Федерация. № 2016138221; заявл. 26.09.2016; опубл. 07.09.2017. – 16 с.
16. Пшеничникова Е.С. Геотекстильные конструкции в строительстве земляных сооружений // Гидротехника. – 2013. – № 3(32). – С. 29–32.
17. Matsuoka H., Liu S. New earth reinforcement method by soilbags ("donow") // Soils and foundations. – 2003. – No. 6(43). – P. 173–188.
18. Earth reinforcement using soilbags / Xua Y., Huang J., Du Y. [et al.] // Geotextiles and Geomembranes. – 2008. – No. 26. – P. 279–289.

References

1. Semenov D.A., Kaloshina S.V. Stroitel'stvo iskusstvennykh ostrovov s pomoshch'iu tekhnologii Geotube [The construction of artificial islands with the help of technology Geotube] // Stroitel'stvo i arkhitektura. Opyt i sovremennye tekhnologii, 2016, no. 7, pp. 294-302.
2. Piiavskii S.A., Rodionov M.V., Kholopov I.S. Primenenie geosinteticheskikh obolochek v gidrotekhnicheskom stroitel'stve [Application of geosynthetic shells in hydraulic engineering construction] // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo stroitel'nogo universiteta, 2012, no. 6, pp. 54-61.
3. Mikhasek A. A., Rodionov M. V. Nadezhnost' nizkonapornykh gidrouzlov s gruntovymi plotinami [Reliability of low-pressure waterworks with ground dams] // Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy, 2013, no. 7(12), pp. 20-29.
4. Danaher J. Evaluating geotextile technology to enhance sustainability of agricultural production systems in the U.S. Virgin Islands // Aquaponics Journal, 2008, no. 50, pp. 18-20.
5. Shabarova M.E. Maksimova S.V. Reabilitatsiia gorodskikh vodoemov s ispol'zovaniem tekhnologii Geotube® [Rehabilitation of urban water bodies using Geotube® technology] // Mezhdunarodnyi studencheskii nauchnyi vestnik, 2015, no. 3, pp. 87-90.
6. Kalinina E.V., Rudakova L.V., D'iakov M.S., Korobova N.E. Ispol'zovanie resursnogo potentsiala donnykh otlozheniy sooruzheniy po ochistke stochnykh vod predpriatii khimicheskoi otrasli g. Berezniki [Use of resource potential of bottom sediments of sewage treatment plants of chemical industry enterprises in Berezniki] // Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Prikladnaia ekologiya. Urbanistika, 2011, no. 4, pp. 96-106.
7. Yee T.W., Lawson C.R., Wang Z.Y. [etc.] Geotextile tube dewatering of contaminated sediments // Geotextiles and Geomembranes, 2012, no. 31, pp. 39-50. DOI: 10.1016/j.geotexmem.2011.07.005

8. Zhaparova S.B., Urazbaeva S.N., Zhanabaev A.S. Tekhniko-ekonomicheskaya otsenka metodov ochistki oz. Kopa ot ilovykh otlozhenii [Technical and economic assessment of the methods of cleaning the Kopa Lake from silt sediments] // Vestnik Omskogo regional'nogo instituta, 2017, no. 1, pp. 93-97.

9. Blokhin S.A. Ochistka vodoemov s ispol'zovaniem tekhnologii Geotube [Purification of reservoirs using Geotube technology] // Sinergiya nauk, 2017, no. 11, pp. 849-857.

10. Emel'ianenko E.A., Angelov V.A., Emel'ianenko M.M. Razrabotka sposoba formirovaniia tekhnogenogo obrazovaniia iz khvostov obogashcheniia medno-kolchedannykh rud s zadannymi strukturnymi kharakteristikami [Development of a method for the formation of technogenic formation from tails of enrichment of copper-pyrite ores with specified structural characteristics] // Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova, 2012, no. 1, pp. 13-16.

11. Konstruktsiia i sposob vozvedeniia avtomobil'nykh dorog [The construction and method of construction of highways]: pat. 2365700 Ros. Federatsiia. № 2007103458/03; zaiavl. 29.01.2007; opubl. 27.08.2009. – 7 s.

12. Iniutkin A.M. Ukreplenie dorozhnykh osnovanii geosinteticheskimi materialami [Strengthening of road bases with geosynthetic materials] // Mir dorog, 2015, no. 85, pp. 46-56.

13. Konstruktsiia avtomobil'nykh dorog [The construction of highways]: pat. 127083 Ros. Federatsiia. № 2012151119/03; zaiavl. 28.11.2012; opubl. 20.04.2013. – 5 s.

14. Armirovannaya peschannaya podushka s krivolineinoi podoshvoi [Reinforced sand cushion with curved sole]: pat. 2522268 Ros. Federatsiia. № 2012143532/03; zaiavl. 11.10.2012; opubl. 10.07.2014. – 5 s.

15. Sposob izgotovleniia i ustroistvo modul'ia bezballastnogo zheleznodorozhnogo puti [Method of manufacturing and construction of the module of the ballastless railway track]: pat. 2630362 Ros. Federatsiia. № 2016138221; zaiavl. 26.09.2016; opubl. 07.09.2017. – 16 s.

16. Pshenichnikova E.S. Geotekstil'nye konstruktsii v stroitel'stve zemlianykh sooruzhenii [Geotextile structures in the construction of earthworks] // Gidrotekhnika, 2013, no. 3(32), pp. 29-32.

17. Matsuoka H., Liu S. New earth reinforcement method by soilbags ("donow") // Soils and foundations, 2003, no. 6(43), pp. 173-188.

18. Xua Y., Huang J., Du Y. [etc.] Earth reinforcement using soilbags // Geotextiles and Geomembranes, 2008, no. 26, pp. 279-289.