Семенов Д.А., Калошина С.В. Инновационные технологии строительства искусственных островов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2016. – Т. 7, № 4. – С. 80–92. DOI: 10.15593/2224-9826/2016.4.08

Semenov D.A., Kaloshina S.V. Innovative technology construction of artificial islands. *PNRPU Bulletin. Construction and Architecture*. 2016. Vol. 7, no. 4. Pp. 80-92. DOI: 10.15593/2224-9826/2016.4.08

ВЕСТНИК ПНИПУ.
СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА
Т. 7, № 4, 2016
PNRPU BULLETIN.
CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE
http://vestnik.pstu.ru/arhit/about/inf/

DOI: 10.15593/2224-9826/2016.4.08
УДК 629.514

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ИСКУССТВЕННЫХ ОСТРОВОВ

Д.А. Семенов, С.В. Калошина

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

О СТАТЬЕ

Получена: 03 июня 2016
Принята: 17 июня 2016
Опубликована: 28 декабря 2016

Ключевые слова:

искусственный остров, габион, геотуб, отходы, фильтрация, заливание, замораживание, дамба

АННОТАЦИЯ

Учитывая проблемы перенаселения, голода и нехватки площадей, становится актуальной тема создания искусственных территорий. В настоящее время география искусственных островов значительно расширилась. Помимо традиционных для данной технологии Японии, стран Персидского залива, Голландии и России, искусственные острова соорудили или планируют возвести Израиль, Сингапур, Китай, Канада и многие др. Спектр применяемых материалов также увеличился: стали использовать лед, габионы, бетонные блоки, сваи, геосинтетические оболочки, шестироиды и твердые бытовые отходы. В данной статье рассмотрены наиболее значимые и перспективные методы возведения искусственных островов, такие как строительство территорий из геотубов, габионов, льда и твердых бытовых отходов. Описана технология производства работ по созданию искусственного острова из контейнеров Geotube, заключающаяся в подготовке основания, наполнении оболочек, размещении их в месте строительства, покрытии необходимыми противофильтрационными материалами и наполнении тела острова, ограниченного дамбой, грунтом. Представлены технические операции по возведению острова из габионов: очистка места строительства, наполнение габионов на берегу и дальнейшая транспортировка к месту размещения, поэтажная укладка и связка, накопление грунтом внутренностей каждого уровня, выполнение мероприятий по увеличению прочности конструкции и приданию ей водонепроницаемости. Приведены технологические циклы сооружения искусственных островов из мусора и льда в зависимости от выбранного метода строительства. Представлены принципиальные схемы габионных, оболочечных и ледовых островов, классификации методов возведения антропогенных территорий. Описаны области применения всех технологий и конкретные примеры их использования в мире. Приведены особенности строительства и эксплуатации, примерные расходы материала и необходимое технологическое оборудование. Представлены сроки службы искусственных островов и периоды их эксплуатации в зависимости от использованного метода сооружения. Выявлены преимущества и недостатки каждой технологии, и дан общий вывод по выбору необходимого способа возведения искусственного острова.

© ПНИПУ

© **Семенов Дмитрий Александрович** – студент, e-mail: s7dmit@yandex.ru.
Калошина Светлана Валентиновна – кандидат технических наук, доцент, e-mail: kaloshina82@mail.ru.

Dmitrii A. Semenov – Student, e-mail: s7dmit@yandex.ru.
Svetlana V. Kaloshina – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: kaloshina82@mail.ru.

INNOVATIVE TECHNOLOGY CONSTRUCTION OF ARTIFICIAL ISLANDS

D.A. Semenov, S.V. Kaloshina

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

ARTICLE INFO

Received: 03 June 2016
Accepted: 17 June 2016
Published: 28 December 2016

Keywords:
artificial island, gabion, geotube, waste, filtration, flooding, freezing, dam

ABSTRACT

Given the problems of overpopulation, famine and shortage areas becomes relevant topic of the creation of artificial territories. Currently, artificial islands geography expanded considerably. Apart from the traditional to the technology of Japan, the Gulf States, the Netherlands and Russia, artificial islands built or plan to build, Israel, Singapore, China, Canada and many others. The range of materials used has also increased – they began to use ice, gabions, concrete blocks, piles, geosynthetic membranes, shestiroidy and municipal solid waste. This article describes the most significant and promising methods for the construction of artificial islands, such as the construction of the territories geotubes, gabions, ice and solid waste. The technology of production of works to create an artificial island of Geotube® containers, is to prepare the base, filling envelopes, placing them in the construction site, covering them with the necessary materials and filling impervious island body bounded by a causeway, with soil. Presents the technical operations on the construction of the island of gabions: cleaning of the construction site, filling gabions on the shore and further transportation to the location, floor laying and ligament accumulation of ground innards of each level, the implementation of measures to increase the structural strength and make it waterproof. The technological cycles of the construction of artificial islands of garbage and ice depending on the construction method. Is a schematic diagram of gabion, shell and ice islands, classification methods of erection of anthropogenic territories. Describes the application of technology and specific examples of their use in the world. Peculiarities of construction and operation, the approximate cost of the material and the necessary equipment. The estimated service life of artificial islands and their periods of operation, depending on the construction method used. The advantages and disadvantages of each technology, and given the overall conclusion on the selection of the desired method of construction of an artificial island.

© PNRPU

В густонаселенных районах мира, а также в странах с небольшим количеством земель, пригодных для проживания, существует острая необходимость в создании дополнительных участков суши. Помимо этого, искусственные острова могут быть использованы для расширения исключительной экономической зоны, размещения сооружений военной инфраструктуры, нефтегазодобывающей промышленности, вынесения вредных объектов, строительства станций метрополитена, развития туристической отрасли и многого др. В современных условиях стоимость строительства объектов должна быть предельно минимизирована, а сами объекты многофункциональны, максимально эффективны и долговечны. Выполнение этих требований становится возможным при использовании инновационных методов строительства искусственных островов, таких как строительство антропогенных насыпей из мягких оболочечных конструкций, габионов, льда и твердых бытовых отходов (рис. 1).

Одними из наиболее функциональных являются так называемые плотинные острова, к которым относятся антропогенные территории из габионов и геотубов.

Технология Geotube не имеет или минимизирует недостатки традиционных методов, такие как загрязнение воды на перемычке, взмучивание водоема взвешенными частицами, нарушение циркуляции прибрежных течений в момент строительства и другие, характерные для строительства искусственных островов из грунта, свай и шестироидов [1].

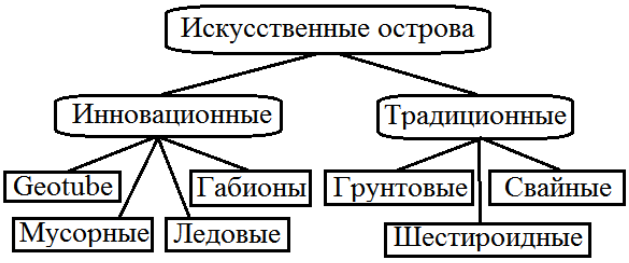

Рис. 1. Классификация искусственных островов
Fig. 1. The classification of artificial islands

Geotube – это технологический процесс гравитационного обезвоживания пульпы, шлама, осадка, ила в контейнерах, сшитых из тканого материала марки Geolon, произведенного из нитей полипропилена высокой плотности. Геотубы играют роль плотины и водоочистных сооружений во время строительства острова, а также берегозащитных конструкций в период эксплуатации [2, 3].

Порядок производства работ при сооружении искусственного острова с помощью технологии Geotube начинается с подготовки участка строительства. В первую очередь необходимо убедиться в ровности и горизонтальности участка кладки. Любые препятствия (камни, корни, различный мусор), способные повредить контейнер, должны быть удалены.

После выравнивания полигона на всю площадь необходимо уложить защитный фартук из геотекстиля марки Mirafi или Polyfelt с анкерными трубами вдоль каждого края, заполненными донными отложениями. Цель фартука и анкерных труб – закрепить себя и защитить Geotube от размыва.

После подготовки полигона производится установка системы Geotube и элементов соединения. Поперечное сечение полигона и геотуба представлено на рис. 2.

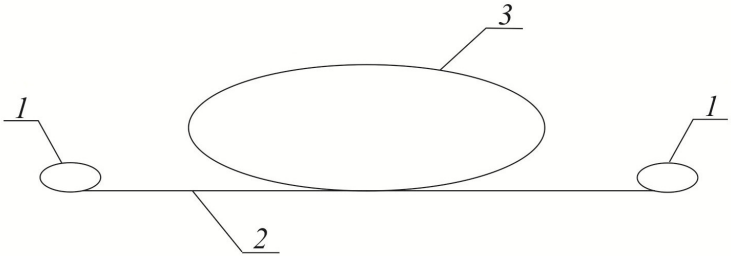

Рис. 2. Поперечный разрез полигона и геоконтейнера: *1* – анкерная труба, заполненная песком; *2* – защитный фартук из геотекстиля; *3* – геотуб, заполненный песком
Fig. 2. Cross section of the landfill and geocontainer: *1* – anchor tube filled with sand; *2* – protective apron of geotextile; *3* – geotube filled with sand

В зависимости от размеров геотубов их можно располагать в границах всей конструкции в один ряд либо в несколько уровней по длине и высоте, как показано на рис. 3 [4].

Контейнеры Geotube наполняются на специальных баржах с открывающимся дном, так как использование специализированной баржи и земснаряда позволяет производить одновременно разработку, транспортировку и дноуглубительные работы, что дает возможность сэкономить на этих технологических процессах и после наполнения контейнера расположить его в проектном месте с высокой точностью.

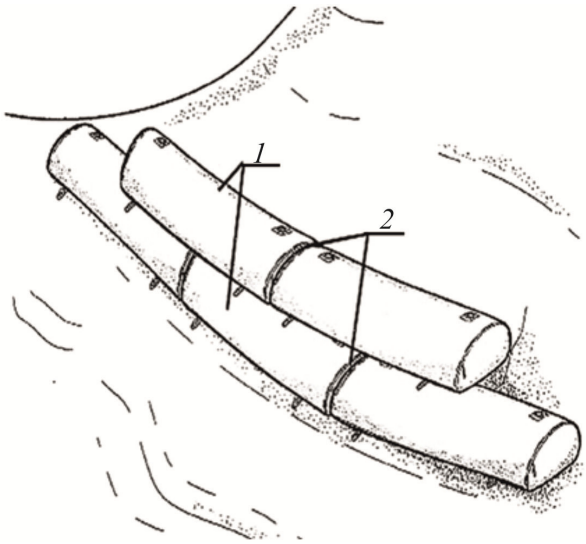

Рис. 3. Многорядное расположение геотубов: *1* – заполненные геотубы; *2* – стыки оболочек
Fig. 3. Multiple row location geotubes: *1* – filled geotubes; *2* – joints of shells

Благодаря единовременной выработке, перемещению и насыпи данный метод гораздо эффективнее в применении по сравнению с традиционным заполнением на берегу, последующим перемещением к месту строительства и размещением грузоподъемными машинами. Учитывая также, что при намыве существует возможность выполнять дноуглубительные операции, землесос становится самым рациональным типом оборудования для возведения искусственных территорий.

В процессе наполнения геотуба гидросмесью осадки остаются на внутренней поверхности Geotube, образуя прослойку фильтрации, обеспечивающую лучшее качество удержания грунта. Очищенный фильтрат ниспадает струями по всей поверхности оболочки. Еще одно важное свойство геотуба – это отсутствие кольматации пор (вынесения или проникновения частиц грунта).

Для ускорения обезвоживания осадка, улучшения качества вытекающей воды, а также получения большей концентрации твердого осадка внутри трубы для большинства проектов рекомендуется вводить в пульпу полимеры (флокулянты или коагулянты).

Кроме того, в общем случае необходимо покрытие геотубов тонким слоем грунта для защиты их от ультрафиолетового излучения и вандализма, а также от несчастных случаев при производстве работ [5]. По мере укладки слоев свободное пространство между геотубами как одного слоя, так и разных слоев заполняется песком для увеличения прочности конструкции. После укладки всех слоев полученная плотина накрывается еще одним слоем защитного фартука с анкерными трубами. Построенная плотина маскируется каменной наброской или другим декоративным материалом [6]. Пространство между полученной плотиной заполняется песком методом гидронамыва при помощи земснаряда, прокладываются коммуникации и начинается непосредственное строительство зданий и сооружений на поверхности искусственного острова.

Геотубы имеют несколько видов. Плоская конструкция, использующаяся при сооружении дамб в Китае, отличается от круглой, применяемой в Европе и Америке, устойчивостью. Плоская форма проскальзывает, когда округлая опрокидывается [7].

Среди достоинств технологии Geotube можно отметить:

– короткие сроки работ;

– невысокие материальные затраты на подготовку и проведение работ;

– сохранность экологического баланса водоема;

– широкий выбор размеров контейнеров;

– расход флокулянта на 15–30 % ниже, чем при обезвоживании на аппаратах, а нарушение дозировки флокулянта не оказывает существенного влияния на качество процесса обезвоживания.

На основании изученной информации можно выделить следующие недостатки данного метода:

– низкая скорость фильтрации вследствие невысокой водоотдачи донного ила;

– добавление флокулянтов усложняет работы и увеличивает их стоимость [8];

– применяется на мелководье или на побережье при глубине от 3 до 15 м;

– геотубы могут быть эффективными для краткосрочного контроля эрозии, но их функцию защиты от штормовых нагонов еще предстоит проверить [9];

– требует выравнивания основания и устройства специального полигона.

Конкретным примером строительства искусственных островов по технологии Geotube являются острова Амвэй, разработанные застройщиком Ossis с инвестициями в 1,5 млрд долл. Строительство острова велось в три этапа: на первом этапе было создано 2,8 млн м^2 искусственной территории, на втором этапе прокладывались коммуникации, на третьем этапе, который продолжается до сих пор, должны быть построены непосредственно здания и сооружения. Всего на создание острова ушло 20 млн м^3 песка и камня.

Следует отметить, что средняя глубина Персидского залива (именно там находятся острова Амвэй) составляет 36 м, максимальная глубина – 101 м. В России наиболее подходящим по этим параметрам и заинтересованности в строительстве искусственных островов является Финский залив. Следует отметить, что средняя глубина Финского залива составляет 38 м, а максимальная глубина – 121 м. Однако температура воды в Персидском заливе не опускается ниже +17 °С, тогда как вода в Финском заливе может опускаться ниже 0 °С и не известно, как Geotube отреагирует на отрицательные температуры. В связи с этим, учитывая возрастающий интерес к данной технологии и расширение сферы ее применения, она требует дальнейшего изучения.

К плотинным также относятся острова из габионов, имеющих длительную историю изучения и обладающих высокой экологичностью.

Габионы представляют собой прямоугольные корзины или матрасы, изготовленные из проволочной сетки и заполненные камнем [10]. Для заполнения габионных структур надлежит применять природный или искусственный каменный материал, обладающий предусмотренными проектом прочностью, морозостойкостью и водостойкостью. Возможно использование местного каменного материала, основное требование: камень должен быть на 10–15 % больше размера ячейки габиона. Следует учитывать, что объем наполнителя должен быть на 5–10 % больше объема габиона, так как в процессе эксплуатации каменный материал будет уплотняться.

Дамбы из габионов могут быть затопляемые и незатопляемые. Принципиальная схема затопляемой габионной дамбы представлена на рис. 4 [11].

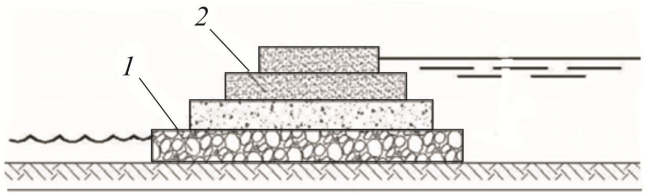

Рис. 4. Затопляемая дамба из габионов: *1* – водопропускающие габионы; *2* – уплотненные габионы
Fig. 4. Flooded dam of gabions: *1* – culvert gabions; *2* – packed gabions

Согласно СТО НОСТРОЙ 2.33.22–2011 сооружение габионной дамбы следует начинать с подготовки основания: удалить растительный слой, весь мусор, способный нанести повреждения габионам или помешать их правильному расположению, очистить дно от органических включений, при необходимости устроить насыпь из привозного грунта, выровнять и уплотнить основание, уложить геотекстиль для предотвращения размыва основания.

Строительство искусственного острова из габионов проводят этажами. В первую очередь строят первый этаж плотины, после чего ее внутренняя часть заполняется грунтом. Габионы соединяют между собой оцинкованной вязальной проволокой для увеличения прочности конструкции. Второй и последующие этажи располагают со сдвигом к центру острова на одну треть и также наполняют грунтом [12]. Высота габионной дамбы должна на 0,5–1,0 м превышать уровень высоких вод. После укладки последнего этажа возможно размещение плит или других оснований для создания верхней платформы. Опора будущего острова принимает вид усеченного конуса.

При устройстве незатопляемых габионных дамб для строительства искусственного острова габионы должны обладать водонепроницаемостью, поэтому предусматриваются противофильтрационные мероприятия: покрытие габионной конструкции геотекстилем с обеих сторон или обмазка габионов горячей битумной мастикой. При этом увеличивается давление воды на конструкцию, поэтому в несущей части габионов предусматриваются армирование и бетонирование слоя толщиной до 50 мм.

Через 3–5 лет габионные дамбы наберут максимальную прочность за счет заполнения пустот между каменным материалом грунтом, водорослями и организмами.

В затопляемых дамбах возможно заполнение ненесущей части габионов грунтом с возможным озеленением. Пример такого исполнения представлен на рис. 5.

Период эксплуатации габионных дамб в зависимости от типа габионов составляет от 35 до 75 лет.

Преимущества данной технологии:

– минимизация отрицательного воздействия на существующие водные потоки и экосистемы;

– возможность использования габионов с крупным заполнителем в качестве фильтра.

Метод габионов имеет ряд недостатков, ограничивающих область применения этого способа:

– необходима подготовка основания;

– требуются точное размещение и предварительное заполнение габионов на берегу;

– в водоеме должно быть большое количество наносов, чтобы габионы смогли набрать максимальную прочность;

– скорость течения не должна превышать 5,5 м/с.

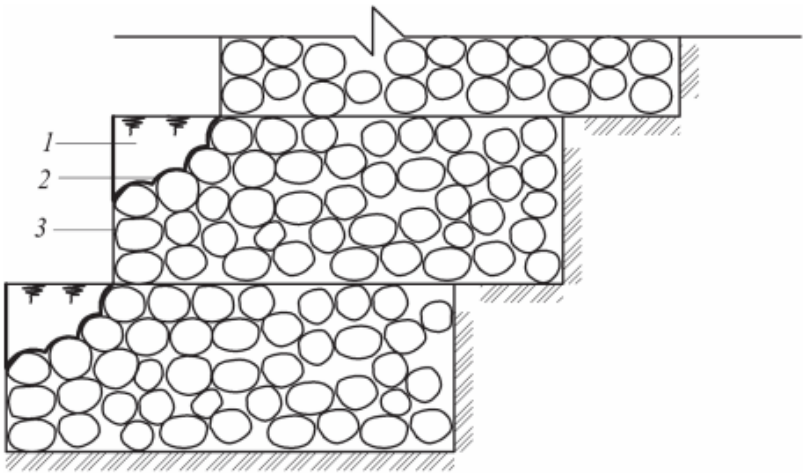

Рис. 5. Затопляемая габионная дамба с озеленением: *1* – грунт; *2* – геотекстиль; *3* – каменный наполнитель
Fig. 5. Flooded gabion dam with gardening: *1* – soil; *2* – geotextile; *3* – stone filler

Периодически требуется проводить осмотр габионных конструкций и в случае необходимости проводить их ремонт [13].

При необходимости строительства искусственного острова в суровых северных условиях многие методы дают сбои и не оправдывают себя. Геотубы никогда не использовались при отрицательной температуре окружающей среды, поэтому не известно, как они отреагируют на такие условия. Габионным островам будет трудно устоять при значительной ледовой нагрузке, кроме того, многие элементы габионных дамб могут не выдержать частую смену циклов замораживания и оттаивания. В таких условиях наиболее подходящими будут являться ледовые острова.

Искусственные ледовые острова применяются при разведочном бурении на шельфе в Арктике. Впервые они появились в море Бофорта в 1970-х гг. По сравнению с искусственными гравийными островами, ледовые острова имеют неоспоримые преимущества, а именно стоимость и экологичность. Ледовый остров представляет собой участок естественного ледяного покрова с намороженным слоем льда. По мере намораживания центр острова приобретает массу и опускается на глубину, пока не произойдет соприкосновения с дном [14]. Общий вид ледового искусственного острова представлен на рис. 6.

Ледовые острова строятся на ровном естественном ледяном покрове с толщиной льда обычно не менее 50 см для возможности перемещения оборудования и материалов по льду. Сроки строительства острова зависят от метода замораживания, высоты острова и метеорологических условий [15].

Классификация способов сооружения ледовых островов представлена на рис. 7.

Распыление (полив) – управляемое разбрызгивание морской воды над поверхностью льда, гарантирующее более интенсивное накопление льда. Возведение ледяных островов поливом проводят в течение месяца с декабря по январь. Насос мощностью 20 м^3/мин может производить 1 м намораживаемого льда в день над островом с диаметром до 300 м. Температура окружающей среды имеет непосредственное влияние на замораживание нанесенной воды. Ветер также мешает эффективному распылению. Так, радиус разбрызгивания по ветру при проектных 25 м может составлять до 40 м, против ветра может

уменьшаться до 5–7 м. Метод дождевания при всех своих преимуществах создает часто технические трудности в производстве работ в связи с обледенением установки, всего оборудования и приборов, находящихся в зоне орошения, т.е. при данном способе значительное влияние оказывают метеорологические условия.

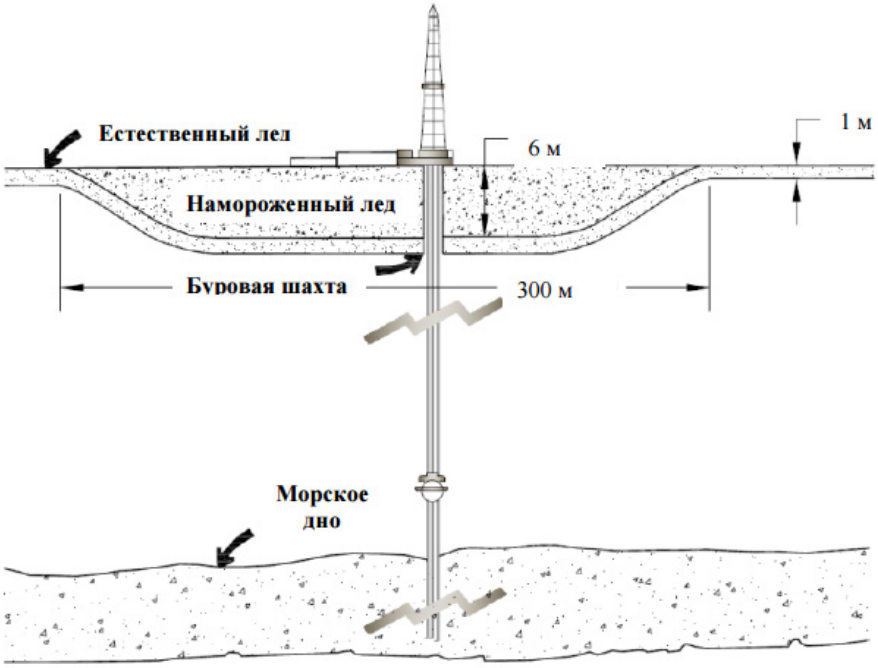

Рис. 6. Принципиальная схема ледового искусственного острова
Fig. 6. Schematic diagram of artificial ice island

Рис. 7. Методы возведения ледовых искусственных островов
Fig. 7. Methods for the construction of artificial islands of ice

Заливание с неограниченной зоной растекания состоит в перекачивании насосом морской воды из-под кромки естественного льда на поверхность. Заливка ледяного покрова производится насосом из одной или нескольких точек. Вода свободно растекается в различных направлениях на поверхности льда, образуя в плане форму круга или эллипса. Необходимо очистить лед от снега, удалить крупные неровности. Радиус намораживания для одного насоса, как правило, не более 100 м, в зависимости от производительно-

сти. Масса слоев намораживаемого льда постепенно увеличивается, возрастает нагрузка на ледяной покров, происходит погружение.

Заливание с ограниченной зоной растекания отличается от предыдущего метода тем, что площадь заливания ограждается по периметру ограничителями. Кроме этого, огражденная территория может быть разделена на секции внутренними перегородками. Эта технология уменьшает число воды, необходимой для возведения, и дает возможность сооружать объекты требуемой формы. Погружение ледового острова регулируется последовательностью и количеством заполненных водой секций. Используются различные типы защитных ограждений и разные материалы. Ограждение может выполняться сразу на всю высоту или нарастать по ходу замораживания. Чаще всего ограждения устраиваются в виде снежных валов.

Производительность создаваемого льда составляет примерно 6–9 см в сутки. Для наращивания льда применяют местный строительный материал – морскую соленую воду. Чем меньше соленость воды, тем лед более прочен. Как показывают исследования, лед из морской воды начинает набирать прочность только при температуре ниже –10 °С.

Еще один метод сооружения искусственных островов заключается в применении ледяных блоков, вырезанных из естественного льда недалеко от места создания территории. Кладка ледяных блоков осуществляется на мокрый ледяной покров. Затем выполняются поливание водой всей конструкции и общая заморозка. Требуется специальное оборудование для нарезания, подъема и перемещения блоков.

Период эксплуатации искусственной территории определяется временем разрушения естественного льда. Для увеличения продолжительности срока службы в качестве основного материала можно применять смесь заполнителя и льда, так называемый пайкерит [16]. Пайкерит – композиционный материал, состоящий из льда и целлюлозы (опилок, размельченного торфа, бумажной пульпы, даже сушеных водорослей, которые в обилии выбрасывает море на берег). Пайкерит тает гораздо медленнее льда, имеет высокую прочность [17].

Конкретным примером строительства ледовых территорий является остров Karluk, расположенный в месте, где глубина моря составляет 6–7,3 м, при этом высота намороженного льда – 14,3 м. Такое возвышение поверхности острова над поверхностью воды было принято для противодействия дрейфующим льдам. Общий объем искусственного льда составил порядка 700 тыс м^3.

Ледовые острова значительно дешевле грунтовых островов и погружных буровых установок. Помимо этого, они экологичны и применимы при значительных, по сравнению с грунтовыми островами, глубинах (до 120 м). Ледовые острова применяются, как правило, для сезонного бурения. Такой тип искусственных антропогенных территорий получил наибольшее распространение в Канаде. Следует отметить, что наиболее производительным из способов сооружения ледовых островов является разбрызгивание, так как позволяет в короткие сроки наморозить значительное количество льда. Однако этот метод еще больше зависит от климато-метеорологических условий, чем все остальные.

В условиях глобального потепления, когда температура в Арктике повышается, естественные льды начинают таять, в связи с чем применение искусственных ледовых островов оказывается под угрозой. Учитывая эти и другие условия, наиболее перспективными оказываются искусственные острова из твердых бытовых отходов. В настоящее время различают два вида мусорных искусственных островов: выполненные из мусорной пыли или из блоков.

Твердые бытовые отходы измельчаются в пыль на перерабатывающих заводах. Сначала мусор моют и высушивают, затем сжигают в специальных печах. Тепло, создающееся при сгорании отходов, идет на обогрев воды, вращающей турбины. Таким образом, электроэнергией обеспечиваются перерабатывающий завод и близлежащие районы. К месту отсыпки пыль транспортируют в специальных резервуарах, предварительно смачивая ее водой для предотвращения развеивания ветром. Засыпается мусорная пыль в специальные секции каменной наброски, выполняющей функции дамбы. Перед заполнением секции из нее откачивается вода. После наполнения ячейки дамбы она засыпается грунтом для ускорения процесса разложения мусора. В дальнейшем каменная наброска будет играть роль берегозащитных сооружений. Такой метод был использован при строительстве острова Симакао близ Сингапура. Согласно проекту весь мусор будет переработан в землю к 2040 г. [18].

При блочном методе строительства предварительно отсортированные отходы проходят мойку, сжигание и прессование в огромные блоки, которые транспортируют к месту строительства и с помощью строительных машин располагают в проектное положение на предварительно очищенное, выровненное и уплотненное основание. Как и в предыдущем методе, здесь могут устраиваться защитные берегоукрепительные сооружения. Поверх блоков насыпается слой грунта необходимой толщины. Как утверждают ученые, использующиеся при строительстве отходы, благодаря сжиганию, теряют свои токсичные свойства и могут безопасно использоваться, не нанося ущерба окружающей среде [19]. По данной технологии было построено несколько островов в Японии, например: Одайбо, Порт-Айленд, Тэннодзу, Огисима, Юмэносима и многие др. На них расположены металлургические комбинаты, аэропорты, парки и другие объекты. Данный способ применяется уже более 10 лет, в течение этого времени никаких происшествий не наблюдалось [20]. На данный момент такие острова не используются для проживания населения, так как это может нанести ущерб их здоровью.

Существует проект мусорного искусственного острова, предназначенного для проживания населения. Проект голландской компании WHIM, называемый Recycled Island, представляет собой многоуровневую плавучую конструкцию, выполненную из переработанного пластика. Для создания плавучей подушки острова предлагается собрать и отсортировать мусор, скопившийся в Мировом океане. После мойки и сжигания из пластика формируются пустотелые контейнеры, образующие первый ярус острова и держащие его на плаву. Поверх этого ряда укладываются контейнеры, заполненные грунтом, и уже на них ведутся дальнейшие работы по строительству надводных объектов. Все контейнеры скрепляются между собой и образуют единую конструкцию. На данный момент проект находится в разработке, компания WHIM планирует осуществить его к 2020 г. Некоторые ученые относятся к нему скептически, считая, что он будет негативно влиять на экологию [21].

Представленные методы имеют свои преимущества и недостатки. Выбор того или иного способа сооружения искусственного острова зависит от климатических, метеорологических и гидрогеологических условий, а также от наличия техники и средств.

В России при выборе метода сооружения искусственного острова особое внимание необходимо уделять температурному фактору и ледовой нагрузке. Так, геотубы могут не выдержать работу в условиях отрицательных температур, габионы могут разрушиться от чрезмерной ледовой нагрузки. Таким образом, выбор типа острова зависит от конкретных условий строительства и должен учитывать его назначение.

Библиографический список

1. Восконьян В.Г. Строительство искусственного острова // Современные наукоемкие технологии. – 2006. – № 8. – С. 84–86.

2. Zhu C.R., Shu Y.M., Jiang J.H. Study on the experiment of stability of unarmored flat Geotube dike under wave action // Proceedings of the 4th Asian Regional Conference on Geosynthetics. – 2008. – P. 625–629.

3. Pilarczyk K.W. Design of low-crested (submerged) structures: an overview // Proceedings of the 6th International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries. – 2003. – P. 1–19.

4. Пиявский С.А., Родионов М.В., Холопов И.С. Применение геосинтетических оболочек в гидротехническом строительстве // Вестник Моск. гос. строит. ун-та. – 2012. – № 6. – С. 54–61.

5. Comparison of Geotube and stone cemented wall stability as coastal protection system / H. Moayedi, B.B.K. Huat, T.A.M. Ali, Z. Bakhshipor, M. Ebadi // Australian Journal of Basic and Applied Sciences. – 2011. – № 5 (7). – P. 1–6.

6. Mastin B.J., Lebster G.E. Use of Geotube dewatering containers in environmental dredging // Proceedings Eighteenth World Dredging Congress. – 2007. – P. 1467–1486.

7. Yiming S., Gang L., Yan X. Structural stability and filling materials on Geotube dams // Earth and Space. – 2010. – P. 720–728.

8. Sobolewski J., Wilke M. Georury wypełnione piaskiem w budownictwie wodnym i morskim Wymiarowanie i praktyczne przykłady zastosowań // Inżynieria morska i geotechnika. – 2011. – № 1. – P. 34–43.

9. Geotube for temporary erosion control and storm surge protection along the gulf of Mexico shoreline of Texas / J.C. Gibeaut, T.L. Hepner, R. Waldinger, J.R. Andrews, R.C. Smyth, R. Gutierrez // Proceedings of the 13th Biennial Coastal Zone Conference. – 2003. – P. 1–6.

10. Toledo M.A., Moran R. Dam protections against overtopping and accidental leakage. – M.: CRC-Press, 2015. – 328 p.

11. Колосов М.А. Веерный способ защиты территорий от затопления в речных бассейнах // Вестник Гос. ун-та морского и речного флота им. адм. С.О. Макарова. – 2009. – № 2 (2). – С. 7–11.

12. Семенов Д.А., Калошина С.В. Строительство искусственных островов путем создания плотин // Научный альманах. – 2015. – № 12 (14). – С. 268–270.

13. Иванов И.А., Ербахаев В.О., Иванова О.А. Работа габионных конструкций в условиях Севера // Вестник Бурят. гос. ун-та. – 2014. – № 3. – С. 111–116.

14. Карелов А.В., Шхинек К.Н. Использование льда для создания островов в арктических условиях // Молодеж. науч.-практ. конф. в рамках XIII недели науки. – СПб., 2014. – С. 9–11.

15. Халикова Д.Ф. Методика выбора архитектурно-конструктивного типа и общепроектных характеристик плавучей буровой установки для бурения поисково-разведочных скважин в условиях мелководья: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.08.03. – СПб., 2014. – 22 с.

16. Семенов Ю.И., Филин С.Ю. Инновационные технологии использования льдокомпозитных материалов в строительстве и эксплуатации плавучих объектов // Оборудование и технологии. – 2011. – № 7. – С. 22–29.

17. Геворкян С.Г. Криолитозона как предмет и территория пограничных конфликтов // Альманах. Пространство и время. – 2013. – Т. 3, № 1. – С. 10–40.

18. Coastal system and continental margins. Engineered coasts / ed. by J. Chen, D. Eisma, K. Hotta, H. Jesse Walker. – M.: Kluwer Academic Publisher, 2002. – 311 p.

19. Abel R.B., Connell S., Della Croce N. Coastal ocean space utilization III. – M.: E&FN SPON, 2002. – 639 p.

20. Бахиэ С.С., Киреев В.С., Макарова В.А. Проблемы загрязнения Астраханской области // Эволюция современной науки: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Казань, 2015. – С. 9–11.

21. Bozzato F. Dryland: artificial islands as new oceanscapes // Journal of Futures Studies. – 2013. – № 4 (17). – P. 1–16.

References

1. Voskon'ian V.G. Stroitel'stvo iskusstvennogo ostrova [Construction of an artificial island]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*, 2006, no. 8, pp. 84-86.

2. Zhu C.R., Shu Y.M., Jiang J.H. Study on the experiment of stability of unarmored flat Geotube dike under wave action. *Proceedings of the 4th Asian Regional Conference on Geosynthetics*, 2008, pp. 625-629.

3. Pilarczyk K.W. Design of low-crested (submerged) structures: an overview. *Proceedings of the 6th International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries*, 2003, pp. 1-19.

4. Piiavskii S.A., Rodionov M.V., Kholopov I.S. Primenenie geosinteticheskikh obolochek v gidrotekhnicheskom stroitel'stve [The use of geosynthetic membranes in hydraulic engineering]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo stroitel'nogo universiteta*, 2012, no. 6. pp. 54-61.

5. Moayedi H., Huat B.B.K., Ali T.A.M., Bakhshipor Z., Ebadi M. Comparison of Geotube and stone cemented wall stability as coastal protection system [Case Study and 2d Limit Equilibrium and FEM Modeling Analysis]. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 2011, no. 5 (7), pp. 1-6.

6. Mastin B.J., Lebster G.E. Use of Geotube dewatering containers in environmental dredging. *Proceedings Eighteenth World Dredging Congress*, 2007, pp. 1467-1486.

7. Yiming S., Gang L., Yan X. Structural stability and filling materials on Geotube dams. *Earth and Space*, 2010, pp. 720-728.

8. Sobolewski J., Wilke M. Georury wypełnione piaskiem w budownictwie wodnym i morskim Wymiarowanie i praktyczne przykłady zastosowań. *Inżynieria morska i geotechnika*, 2011, no. 1, pp. 34-43.

9. Gibeaut J.C., Hepner T.L., Waldinger R., Andrews J.R., Smyth R.C., Gutierrez R. Geotube for temporary erosion control and storm surge protection along the gulf of Mexico shoreline of Texas. *Proceedings of the 13th Biennial Coastal Zone Conference*, 2003, pp. 1-6.

10. Toledo M.A., Moran R. Dam protections against overtopping and accidental leakage. Moscow: CRC-Press, 2015. 328 p.

11. Kolosov M.A. Veernyi sposob zashchity territorii ot zatopleniia v rechnykh basseinakh [Fan way to protect areas from flooding in river basins]. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova*, 2009, no. 2 (2), pp. 7-11.

12. Semenov D.A., Kaloshina S.V. Stroitel'stvo iskusstvennykh ostrovov putem sozdaniia plotin [Construction of artificial islands by creating dams]. *Nauchnyi al'manakh*, 2015, no. 12 (14), pp. 268-270.

13. Ivanov I.A., Erbakhaev V.O., Ivanova O.A. Rabota gabionnykh konstruktsii v usloviiakh Severa [Work gabion structures in the North]. *Vestnik Buriatskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2014, no. 3, pp. 111-116.

14. Karelov A.V., Shkhinek K.N. Ispol'zovanie l'da dlia sozdaniia ostrovov v arkticheskikh usloviiakh [Using ice to create islands in the Arctic]. *Molodezhnaia nauchno-prakticheskaia konferentsiia v ramkakh XIII nedeli nauki.* Saint Peterburg, 2014, pp. 9-11.

15. Khalikova D.F. Metodika vybora arkhitekturno-konstruktivnogo tipa i obshche-proektnykh kharakteristik plavuchei burovoi ustanovki dlia bureniia poiskovo-razvedochnykh skvazhin v usloviiakh melkovod'ia [Methods of selecting architectural and structural characteristics of the type and obscheproektnyh floating drilling rig to drill exploratory wells in the shallow waters]. Saint Peterburg, 2014. 22 p.

16. Semenov Iu.I., Filin S.Iu. Innovatsionnye tekhnologii ispol'zovaniia l'dokompozitnykh materialov v stroitel'stve i ekspluatatsii plavuchikh ob"ektov [Innovative use of technology ldokompozitnyh materials in the construction and operation of floating objects]. *Oborudovanie i tekhnologii*, 2011, no. 7, pp. 22-29.

17. Gevorkian S.G. Kriolitozona kak predmet i territoriia pogranichnykh konfliktov [Permafrost as a subject area, and border conflicts]. *Al'manakh. Prostranstvo i vremia*, 2013, vol. 3, no. 1, pp. 10-40.

18. Coastal system and continental margins. Engineered coasts / ed. by J. Chen, D. Eisma, K. Hotta, H. Jesse Walker. Moscow: Kluwer Academic Publisher, 2002. 311 p.

19. Abel R.B., Connell S., Della Croce N. Coastal ocean space utilization III. Moscow: E&FN SPON, 2002. 639 p.

20. Bakhie S.S., Kireev V.S., Makarova V.A. Problemy zagriazneniia Astrakhanskoi oblasti [Pollution Problems of the Astrakhan region]. *Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* "*Evoliutsiia sovremennoi nauki"*. Kazan', 2015, pp. 9-11.

21. Bozzato F. Dryland: artificial islands as new oceanscapes. *Journal of Futures Studies*, 2013, no. 4 (17), pp. 1-16.