

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗЕМЛЯНЫХ СООРУЖЕНИЙ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Инж. МИНЧУКОВА М. Е.

Белорусский национальный технический университет

Проблема улучшения свойств грунтов и элементов конструкций при строительстве водохозяйственных и транспортных объектов, промышленных и гражданских зданий, сооружений природоохранного назначения обуславливает потребность внедрения новых эффективных строительных материалов, обеспечивающих их надежность и безаварийную эксплуатацию. В данной работе на основе обобщения современной научно-технической информации описываются главные направления применения геосинтетиков в различных областях строительства с рассмотрением прогрессивных инженерных решений и перспектив разработки и внедрения новых материалов и конструкций.

При строительстве грунтовых сооружений на слабых основаниях, подрабатываемых территориях, а также при воздействии на них фильтрационных сил и потоков необходимо принимать меры по их укреплению и защите от разрушающих факторов. Современные противофильтрационные и армирующие конструкции с использованием геосинтетиков представляют новые возможности по сравнению с другими инженерными решениями.

**Армирование грунтовых сооружений и слабых оснований.** Геосинтетика являются наиболее перспективным материалом для армирования грунтов благодаря своим уникальным свойствам: высокой прочности, устойчивости к низким температурам и агрессивным средам, неподверженности коррозии и гниению. В этих целях чаще всего используют объемные сотовые георешетки, плоские геосетки и геоткани.

Армирование насыпи выполняется путем послойной укладки геосинтетика между пластами грунта по всему телу сооружения или в области откосов в пределах участков возможных критических деформаций (рис. 1) [1].

Возведение подпорных стен производится аналогично. Полотно заводится в тело насыпи на расчетное расстояние, а противоположный

его конец заворачивается у поверхности стены и закрепляется нагелями. Широко распространена практика сооружения подпорных стен путем оборачивания слоев грунта геотекстилем. Такое решение позволяет возводить сооружения с практически вертикальными откосами и альтернативно традиционному, более дорогостоящему методу строительства подпорных стен из железобетона.



Рис. 1. Схема армирования откосов

Перспективным направлением в области укрепления стеновых конструкций является устройство анкерирующих систем с использованием полимерных канатов или полос [2]. Будучи прикрепленными одним концом к облицовочным поверхностям или слоям геосинтетиков, а другим – в грунте (скале), они объединяют облицовочные и армирующие конструкции в одно целое с подпорной грунтовой зоной.

Современные решения в целях обеспечения наиболее эффективной работы конструкции предусматривают комплексное использование различных типов геосинтетиков, каждый из которых выполняет определенное функциональное назначение. Увеличения несущей способности грунтовой насыпи с одновременным отводом фильтрующей жидкости из тела сооружения достигают путем армирования откоса двуслойной конструкцией из георешетки или геоткани и нижележащего водопроницаемого слоя нетканого иглопробивного геотекстиля и одновременно устройства за армированным грунтовым блоком дренажа из геокомпозитных листовых дрен или геосеток. Эта конструкция эффективна в случае использования для строительства малопроницаемых грунтов (рис. 2).

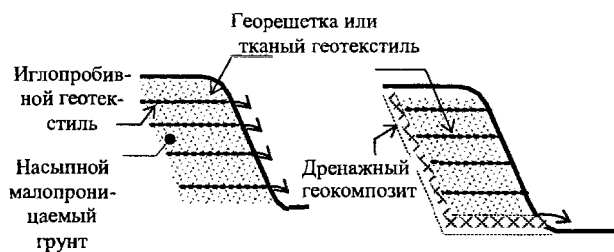


Рис. 2. Схема укрепления насыпи комплексным методом

В настоящее время ведется разработка совершенно новых типов геоматериалов – электрокинетических геосинтетиков, в состав которых входят электропроводящие полимеры, углеродные и металлические нити. Использование таких материалов позволяет посредством процессов электроосмоса, ионной миграции и электрофореза модифицировать и улучшить качество грунта в армированной зоне: ускорить его консолидацию и отвод фильтрующейся жидкости, обеспечить лучшее сцепление арматуры с грунтом.

Одним из перспективных направлений в будущем является создание предварительно напряженной геосинтетической арматуры. Учитывая возможную релаксацию напряжений, преднапряжение армирующего геосинтетика могло бы исключить потенциальные деформации как самого материала, так и сооружения в целом.

**Гидроизоляция плотин и дамб.** Наиболее часто устройство экрана выполняется на верхнем откосе подпорного сооружения. Его конструкция включает основной гидроизолирующий материал – геомембрану, а также слой из нетканого геотекстиля для предохранения гидроизоляции от механических повреждений. Для защиты от внешних воздействий экран покрывают слоем грунта или облицовкой.

Повышение надежности работы плотины (дамбы) на сильнодеформируемом основании может быть осуществлено путем укладки полиэтиленовой пленки в виде вертикальной ступенчатой зигзагообразной диафрагмы по верхнему клину и центральной части сооружения. В случае неравномерной осадки основания и сооружения такая конструкция диафрагмы, являясь противифльтрационным элементом, способствует повышению прочности и устойчивости сооружения, так как препятствует образованию непрерывных поверхностей обрушения и распространению сквозных продольных и поперечных трещин в теле плотины, а также обеспечивает их самозалечивание в значительном объеме тела дамбы [3].

Для восстановления и ремонта функционирующих грунтовых плотин учеными США предложен проект по устройству водонепроницаемого композитного слоя, выполненного вертикально в центральной части плотины и состоящего из геомембраны и бентонитовой глины или засыпки из малопроницаемого грунта. На всю высоту сооружения (и часть его основания, если необходимо) выполняется выемка траншеи, которая заполняется бентонитовой глиной с последующей установкой геомембраны (листы, рулоны, панели) вертикально на верхней грани траншеи (рис. 3).

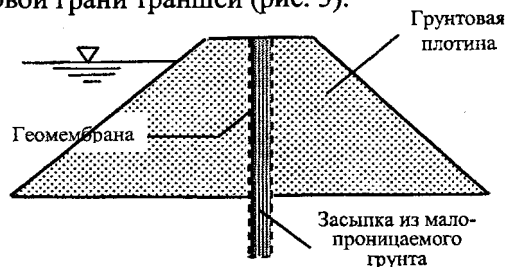


Рис. 3. Гидроизоляция грунтовой плотины с помощью геомембраны

Геомембраны также широко используются для ремонта бетонных плотин, имеющих существенный износ и допускающих фильтрацию через сооружение. Широко известным способом гидроизоляции таких сооружений является устройство непосредственно на верхнем откосе покрытий из изолирующей мембраны. Целесообразно также устройство под геомембраной слоя геосетки, обеспечивающей дренаж утечек через мембрану, которые могут иметь место в процессе эксплуатации.

Обычно ремонт таких сооружений предусматривает опорожнение водохранилища. В настоящее время ведутся разработки по осуществлению ремонта без спуска воды. Положительный опыт выполнения такого вида работ накоплен в Италии. Перспективно и использование надувных систем, крепящихся к мембране для защиты ее в зимний период от льда, куски которого могут существенно повредить мембрану.

**Экранирование каналов, водоемов и парковых прудов.** Перспективным направлением в данной области является разработка технологии облицовки каналов при их полном или частичном заполнении водой или другими жидкостями. Так, в США на опытных участках канала, заполненного водой, была осуществлена укладка облицовочного покрытия, состоящего из полотен геомембраны, защитного слоя геотекстиля и слоя быстротвердеющего бетона.

Работа по устройству экрана выполнялась захватками. Во время укладки последующего полотна защитного экрана бетон на предыдущем участке достигает своего начального схватывания, достаточного для первоначальной устойчивости конструкции. Со временем происходит окончательное твердение бетона (рис. 4). Работы выполнялись с помощью передвижной фермы, установленной поперечно оси канала [4].

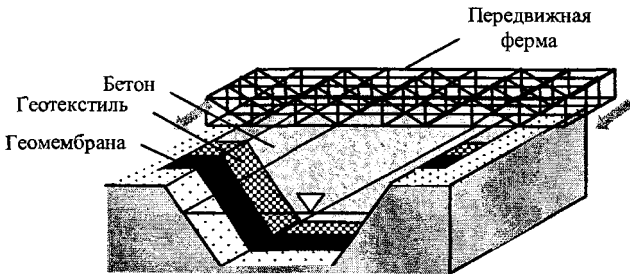


Рис. 4. Схема облицовки канала при его полном или частичном заполнении водой или другими жидкими средами

Широко распространена облицовка геомембранами бассейнов, прудов и небольших озер в парках и садах, предназначенных для разведения водных растений, а также выращивания и размножения водных животных. Современные разработки в этой области направлены на создание толстых (более 2,5 мм) текстурированных мембран, которые могли бы противостоять случайным повреждениям, а также исключать возможность их сползания по поверхности откоса. Такие мембраны должны содержать наполнители, препятствующие окислению материала и придающие ему стойкость к биологической деструкции.

**Захоронение донных наносов.** Продукты размывающей деятельности воды, наносы, выпадающая на дно рек, каналов и водохранилищ, со временем уменьшают их сечение и емкость, вызывают опасность нарушения нормальной работы энергетических, ирригационных установок водных систем. Для резервации, транспортировки и захоронения наносов, вычерпанных из рек, гаваней и дельт, успешно используются геотекстильные контейнеры – тубы до 15 м длиной, изготавливаемые из высокопрочного геотекстиля, заполненные грунтом и сшитые. Контейнеры перевозят на барже к месту захоронения и опускают под воду. Такой блок складированных контейнеров, в которых могут содержаться и загрязненные грунты, сверху изолируется специальным покрытием – подушкой из геотекстиля, заполненной цементным раствором (рис. 5).

Использование геосинтетиков в дорожном строительстве позволяет повысить несущую

способность грунтов и покрытий дорог, предотвратить образование трещин в дорожном покрытии, создать эффективные дренажные системы.

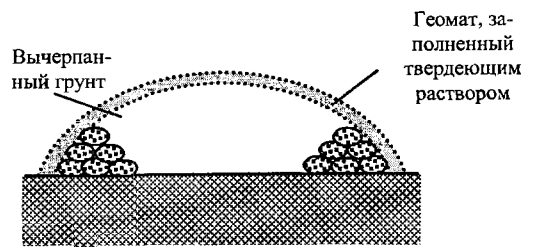


Рис. 5. Захоронение геотекстильных контейнеров, заполненных грунтом

**Усиление дорожных одежд.** В дорожных конструкциях геосинтетики обычно используются для выполнения следующих функций:

- геотекстили как разделяющие и/или армирующие прослойки между земляным полотном и материалом засыпки дорожного основания;
- георешетки как армирующий слой между земляным полотном и материалом засыпки;
- георешетки как поперечная арматура в пределах слоя грунтовой засыпки основания.

Полосы из геосинтетика укладывают вдоль земляного полотна, затем соединяют склеиванием или сшиванием. Такой способ армирования насыпи называется макроармированием.

Практикуется также и микроармирование дорожной насыпи, когда отдельные волокна, нити или маленькие кусочки микросетки смешиваются с частицами грунта, образуя таким образом армированную массу [5]. Существует опыт армирования грунтовой засыпки с помощью высокопрочных непрерывных полимерных волокон из полиэстера. Хорошие результаты дает применяемое на практике укрепление асфальтобетонных дорожных покрытий путем введения в подготовку элементов микросетки или отдельных волокон из полипропилена, беспорядочно рассеянных по всему объему материала.

**Бестраншейный ремонт труб.** Наряду со старением инфраструктуры в городской среде наблюдается ухудшение технических систем жизнеобеспечения, в частности трубопроводов, выполняемых различными по размерам, форме и материалу. Ремонт труб с использованием бестраншейных технологий является распространенной практикой, где успешно могут быть использованы полимерные материалы.

Существующие традиционные способы ремонта ведут к уменьшению диаметра функционирующей трубы. Перспективный способ в

этом направлении – использование расширяющей трамбовки, выполненной под большим давлением, при помощи бокового направленного взрыва входной трубы, в результате которого происходит увеличение ее диаметра. За этим взрывным действием следует вставка новой трубы или обшивки такого плана, чтобы первоначальная пропускная способность трубы не уменьшалась. Полимерные надувные трубы или прокладки из геомембраны в этом случае предпочтительны (рис. 6).



Рис. 6. Ремонт трубы с помощью геомембранной обшивки

**Системы борьбы с эрозией.** Согласно имеющимся данным потери грунта с поверхности сооружений транспортного, мелиоративного и сельскохозяйственного назначения вследствие водно-ветровой эрозии достаточно велики. Для контроля и ограничения эрозии грунта за рубежом широко применяются различные геосинтетические материалы и композитные соединения, выполненные из геоячеек, геосеток, георешеток, геоматов и др., которые укрепляются на грунте (склоне насыпи) анкерами, засыпаются землей и засеиваются травой.

Эффективной разработкой является крепление противозерозионного геоматериала на откосе с помощью длинных стержней (3–5 м), а также болтов или гвоздей. Такая система не только предотвращает эрозию грунта, но и армирует потенциально слабые или очень крутые грунтовые откосы. Эта технология, апробированная в США, получила название «анкерная паучья сетка» [6].

В будущем разработка мероприятий по стабилизации поверхностей откосов и склонов может быть связана с контролем за сдвигом под действием сил тяжести больших грунтовых и иных составляющих часть откоса, массивов. Таковыми могут быть, например, представляющие опасность снежные лавины. Стабилизирующая сила, тормозящая движение снежного массива, может быть создана с помощью геосеток, высокопрочного геотекстиля и георешеток, укрепленных в верхней части откоса анкерами.

Для защиты береговых акваторий от эрозии и размыва водным потоком в последние годы получили распространение геотубы, объемные

закрытые цилиндрические системы, изготовленные из высокопрочного тканого геотекстиля и заполненные местным грунтом. Геотубы имеют диаметр от 1 до 4 м, а длина их может составлять 20–200 м. Они монтируются на берегу или непосредственно в воде на глубине до 3 м, а затем укладываются на защищаемую поверхность. Заполнение объема геотуб водно-грунтовой смесью производится путем гидравлического нагнетания ее через впускные рукава, расположенные на определенном расстоянии друг от друга по всей длине тубы. Для защиты геотуб от ультрафиолетовой деградации, а также случайных повреждений они покрываются слоем грунта [7]. Геотубы также применяются при строительстве плотин, ядер дамб и пирсов.

Строительство современных экологически безопасных полигонов для резервации отходов с созданием эффективных систем гидро- и газоизоляции, отвода фильтрата и сбора биогаза, усиления слабых оснований успешно осуществляется с применением геосинтетиков [8].

**Системы экранирования полигонов бытовых и промышленных отходов.** В практике изоляции полигонов и свалок получили распространение композитные системы, включающие геомембрану, природный материал с малой гидравлической проницаемостью (глина), а также дренирующий слой (дрены, трубы) для сбора и удаления фильтрата. Гидроизоляцию дна и откосов котлована выполняют путем очередной укладки названных выше материалов: глина – геомембрана – дренирующая прослойка.

В настоящее время внедряются новые более совершенные конструкции, в которых сведено до минимума использование природных материалов, а в качестве изоляции, дренажных и защитных слоев используются геомембраны и геотекстиль, являющиеся более надежными и имеющие гораздо меньшую толщину. Это позволяет существенно увеличить полезный объем котлована под отходы.

**Системы изолирующей кровли полигонов.** Для создания закрытой системы изоляции полигонов сооружаются покрывающие конструкции, которые укладываются непосредственно на отходы. Они выполняются аналогично экранам и состоят из композитного барьера, например геомембраны и уложенного под ней слоя геосинтетической либо уплотненной природной глины, а также дренажного и газопроводящего слоев, расположенных соответственно выше и ниже изолирующего покрытия

(рис. 7). Современные разработки по сооружению закрытых полигонов предусматривают также эффективную газосборную систему, осуществляющую перехват и отвод биогаза из толщи отходов, а затем переработку его в энергию.

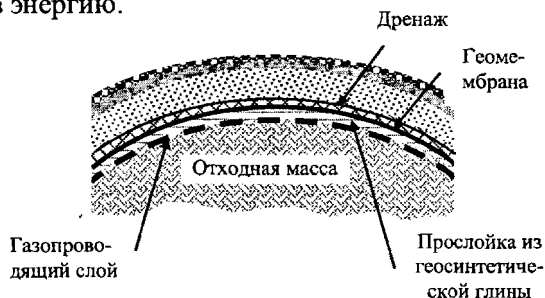


Рис. 7. Типичная система изолирующей кровли

**Вертикальные барьеры и донные экраны для заброшенных свалок.** В связи с тем, что глубина и состав отходов заброшенных необорудованных свалок часто оказываются неизвестными, наиболее целесообразным решением по их локализации являются сохранение массы отходов на прежнем месте и изоляция их от окружающих земель вертикальным барьером. Он может быть сформирован путем отрывки траншеи, которая заполняется малопроницаемым грунтом (грунт/бентонит, грунт/золевая пыль), а верхняя грань ее оборудуется геомембраной (рулоны, панели). Такой барьер обеспечивает эффективную защиту прилегающих территорий от загрязнения продуктами разложения отходов. Современные решения таких изолирующих конструкций также предлагают устройство щели или ворот в геомембранной стене, через которые возможен выпуск концентрированных жидких отходов с их последующей биологической и химической обработкой.

В настоящее время остается достаточно проблематичным устройство донных экранов в целях полной изоляции котлованов с отходами. Проектные решения в этом направлении предполагают осуществление под нее струйной цементации. Это может быть выполнено через скважину, устраиваемую путем бурения сквозь массу отходов, либо, что предпочтительнее, наклонного, бокового бурения без их затрагивания.

Как возможный вариант выполнения этой задачи на стадии разработки находится проект, включающий сооружение глубокой шахты, через которую можно было бы установить сплошной горизонтальный геомембранный пол под толщей отходов. Его конструкция включает композитный слой из геомембраны и геосинтетической глины, который может быть дополнен лежащим выше пластом из геотекстильных труб. Реализация такой разработки, представленной Бюро подземных выработок США, обеспечила бы полное капсулирование содержимого свалок, что гарантировало бы их полную безопасность для окружающих территорий.

## ВЫВОД

Геосинтетики имеют широкий диапазон применения при строительстве сооружений различного назначения. Современные тенденции их промышленного производства и внедрения направлены на:

- разработку прогрессивных конструктивных и технологических решений при укладке геоматериалов в конструкциях;
- применение новых экологически безопасных, модифицированных различными стабилизирующими добавками и наполнителями геотекстилей, геомембран, а также геокомпозитов на их основе, которые обладают улучшенными физико-механическими свойствами, обеспечивающими многофункциональную, эффективную работу материала в конструкции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Каддо, М. Б. Армогрунтовые конструкции из геотканей Geolon / М. Б. Каддо // Транспортное строительство. – 2003. – № 6. – С. 22–23.
2. Ghiassian, H. Laboratory testing apparatus for slopes stabilized by anchored geosynthetics / H. Ghiassian, R. D. Hryciw, D. H. Gray // Geotech. Testing J. – 1996. – Vol. 19 (1). – P. 65–73.
3. Минчукова, М. Е. Влияние формы пленочных экранов на устойчивость откосов грунтовых плотин / М. Е. Минчукова // Budownictwo i Ingeneria Srodowiska. – Зелена Гура, 2001. – С. 92–98.
4. Comer, A. I. Remediation of existing canal linings / A. I. Comer, M. Kube, M. Sayer // J. Geotextiles and Geomembranes. – 1996. – Vol. 14 (5–6). P. 313–326.
5. Gregory, G. H. Stabilization of earth slopes with fiber reinforcement / G. H. Gregory, D. S. Chill // Proc., 6th Int. Geosynthetic Conf. – St. Paul, Minn, 1998. – P. 1073–1078.
6. Koerner, R. M. In-situ soil slope stabilization using anchored nets / R. M. Koerner // Low Cost and Energy Saving Constr. Mat.: Proc. Conf. / H.-Y. Fang, ed., Envo. – Bethlehem, Pa., 1998. – P. 465–478.
7. Leshchinsky, G. Geosynthetic confined pressurized slurry (GeoCoPS) / G. Leshchinsky, O. Leshchinsky // Tech. Rep. CPAR-GL96-1 / U. S. Army Corps of Engineers. – Washington, D.C., 1996.
8. Шлее, Ю. Современные технологии строительства полигонов для захоронения отходов с использованием геосинтетических материалов / Ю. Шлее, Х. Н. Никогосов, А. А. Ткачев // Экология и промышленность России. – 2003. – № 1. – С. 18–22.

Поступила 5.05. 2005