

УДК 504.064.47

**Н.Н. Слюсарь, Ю.М. Загорская**

Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

**Ю. Шлее**

NAUE GmbH & Co. KG

## **СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К РЕКУЛЬТИВАЦИИ СВАЛОК И ПОЛИГОНОВ ЗАХОРОНЕНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ**

Рассмотрены возможности и преимущества применения геосинтетических материалов для целей создания верхнего рекультивационного покрытия свалок и полигонов. Показаны примеры использования искусственных материалов на полигонах с увеличенными углами откоса.

**Ключевые слова:** твердые бытовые отходы, полигон, свалка, рекультивация, геосинтетический материал, геосинтетика.

В настоящее время, несмотря на существование различных способов обезвреживания отходов, наибольшее распространение в мировой практике получили следующие методы: складирование на полигонах, компостирование, сжигание на мусоросжигательных заводах. В отечественной практике захоронение отходов на протяжении многих лет остается наиболее распространенным методом их утилизации.

В связи с ограниченностью площадей для складирования естественным является желание увеличить вместимость свалки или полигона. При этом увеличение рабочего объема массива отходов позволяет продлить срок эксплуатации площадки полигона, сохранить существующую инфраструктуру и устоявшиеся транспортные потоки вывоза отходов, что позволяет снизить затраты на захоронение отходов.

Согласно «Инструкции по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов» [1], угол откоса массива захоронения отходов нормируется как 1:4. Нарушение технологии эксплуатации свалок и полигонов захоронения отходов зачастую приводит к нарушению требований по созданию нормативного угла откоса массива складированных отходов. При нормативном угле откоса 14° (1:4) фактические углы достигают более 45°. Особенно это актуально для старых

свалок, эксплуатация которых велась стихийно, с нарушением требований по складированию отходов.

Работы по рекультивации таких свалок и полигонов согласно «Инструкции...» [1], должны предусматривать выполаживание откосов бульдозером, что значительно увеличивает объемы перемещения свалочного грунта при формировании массива отходов.

Перемещение объемов отходов при проведении рекультивации требует дополнительных материальных затрат, вызывает дополнительные воздействия на окружающую среду по причине вскрытия толщ отходов. Мероприятия по выполаживанию откосов могут привести к тому, что фактические границы полигона будут выходить за границы землеотвода и площадь полигона будет превышать проектную площадь. В подобных случаях необходимо либо проведение до разработки проекта рекультивации полигона процедур оформления земельных документов на фактически занимаемую площадь, либо в проекте рекультивации предусматривать перемещение отходов в границы землеотвода или вывоз их на другие полигоны и участки захоронения отходов.

В то же время существующие подходы к проектированию и строительству современных полигонов [2] позволяют увеличить угол откоса полигона, не нарушая при этом безопасность эксплуатации объекта.

Однако как и при строительстве полигонов захоронения ТБО с увеличенными углами откосов, так и при несоблюдении углов заложения отходов на старых свалках и полигонах, изменение геометрии массива отходов значительно осложняет работы по созданию верхнего рекультивационного слоя. В первую очередь это связано с необходимостью использования специальной техники, предназначенной для работы на крутых склонах, а также возможностью возникновения оползней и обвалов грунта. В результате работы по рекультивации таких объектов требует нестандартных решений при разработке проектной документации для рекультивации объектов.

Для создания верхнего рекультивационного слоя закрытых полигонов в качестве искусственного подстилающего слоя (слабопроницаемого покрытия) российское законодательство приписывает использование материалов с коэффициентом фильтрации не более  $10^{-3}$  см/с. Это могут быть плотные суглинки и глины, песчаное основание, связанное битумом, и другие нетоксичные

материалы. Несмотря на относительную дешевизну, из-за удаленности глиняного карьера от места строительства стоимость глиняного экрана может значительно возрасти. Неоднородность состава глин, наличие включений, линз песка, высыхание и образование трещин – все это в различных климатических зонах и погодных условиях может привести к увеличению степени фильтрации экрана по сравнению с расчетной.

По согласованию с отделом санитарной очистки и утилизации отходов Академии коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова [1] и местными органами Роспотребнадзора и охраны природы возможно использование других материалов. Возможность использования альтернативных материалов также предусмотрена требованиями ТСН 30-308–2002 «Проектирование, строительство и рекультивация полигонов твердых бытовых отходов в Московской области» [3].

Директивы Европейского совета о полигонах также приписывают устройство противофильтрационных экранов полигонов захоронения опасных и неопасных отходов. Создание защитного экрана направлено на предотвращение проникновения осадков в отходы, а также утечки биогаза, образующегося в теле полигона.

При проведении работ по рекультивации полигонов с увеличенным углом откоса сложные для укладки на крутых откосах грунтовые экраны могут быть заменены на искусственные синтетические материалы. Эти материалы обладают высокой химической стойкостью, длительное время сохраняют механическую прочность, устойчивы к воздействиям окружающей среды и ультрафиолетового излучения. Примерами таких материалов являются геосинтетические материалы производства фирмы NAUE GmbH & Co. KG (Германия).

Защитные экраны, применяемые для создания как нижнего, так и верхнего гидроизолирующего экрана, должны отвечать следующим требованиям:

- обладать хорошими гидроизоляционными свойствами;
- быть устойчивыми к механическим повреждениям и проболам, возможным в ходе строительства, изменениям температуры, а также биологическим воздействиям, таким как воздействие микроорганизмов и грызунов;
- обладать достаточной химической и биологической устойчивостью к воздействию химически и биологически активных элементов, содержащихся в биогазе и фильтрате; агрессив-

ная среда фильтрата и биогаза не должна вызывать разрушение материала с течением времени;

- быть долговечными и обеспечивать безопасность объекта на протяжении постэксплуатационного этапа.

Использование геосинтетических материалов при рекультивации полигонов значительно облегчает проведение работ по созданию верхнего рекультивационного слоя (табл. 1).

Таблица 1

**Сравнение технологий монтажа глинистого слоя и экрана из геосинтетических материалов (геомембран, бентонитовых матов)**

Минеральные (глиняные) экраны	Синтетические (искусственные) экраны
Поиск карьеров глин, расположенных вблизи стройплощадки	Поиск близко расположенных карьеров глин не проводится
Оценка, сопоставление параметров качества глин, достаточности объемов глин	Оценка параметров глин не проводится
Использование 5–7 единиц специальной техники для монтажа глиняного экрана	Использование 1–2 единицы фронтальных погрузчиков для укладки полотна
Послойный монтаж глиняного экрана толщиной (2–3 слоя по 0,25 м) с уплотнением	Рулоны раскручиваются с перехлестом материала в местах стыков
Контроль качества монтажа и толщины каждого слоя	Контроль качества укладки, контроль швов
Полная зависимость проведения работ от погодных условий (опасность простоя всего строительства, защита слоя глины от высыхания или эрозии дождевыми водами (дополнительное укрытие тонкой пленкой)	Укладка производится независимо от погодных условий, что позволяет точно рассчитывать сроки строительства и исключить простои
Особые сложности при монтаже на откосах (специальная техника)	Простая раскрутка рулонов
Уменьшение полезного объема полигона с учетом площади основания и толщины слоя глиняного замка	Толщина материала составляет 0,01 м, что позволяет максимально использовать полезный объем полигона

В качестве гидроизолирующего материала при создании верхнего рекультивационного покрытия могут быть использованы иглопробивные геосинтетические глиноматы, обладающие многонаправленным сопротивлением сдвигу, например, универсальный изолирующий материал на минеральной основе

Bentofix®. Благодаря хорошему поведению при многоосном натяжении, иглопробивные геосинтетические глиноматы Bentofix® сохраняют свои изоляционные свойства при высоком удлинении и могут применяться на крутых склонах. Уникальный процесс скрепления волокон зажимает иглопробивные волокна на месте, создавая высокое внутреннее напряжение сдвига с огромной сопротивляемостью к смещению. То же относится и к углу трения сопряженных поверхностей. Механически скрепленный нетканый геотекстильный материал обеспечивает достаточное сопротивление сдвигу, необходимое даже для самых сложных случаев применения. Подобное армирование волокон не только обеспечивает напряжение сдвига, но также предотвращает горизонтальное смещение бентонита. Благодаря использованию иглопробивных нетканых геотекстилей в качестве элементов, удерживающих в своей структуре бентонит, Bentofix® позволяет создать покрытие на крутых откосах – до 1:2.

В качестве изоляционного слоя для создания верхнего рекультивационного покрытия также могут использоваться геомембраны HDPE, например, Carbofol®. Структурированные и текстурированные геомембраны Carbofol® используются для повышения передачи поперечных сил между прилегающими компонентами для обеспечения долгосрочной стабильности конструкции откосов массивов отходов.

Одним из важных элементов конструкции рекультивационного покрытия является дренажный слой, предназначенный для отвода воды и биогаза. В качестве дренажного материала на откосах полигонов может использоваться трехмерный дренажный геосинтетический материал Secudrain®, состоящий из дренажной сердцевины и одного или двух фильтрационных слоев из геотекстильного материала. При укладке материала на изоляционный материал при создании рекультивационных покрытий он выполняет одновременно функции фильтрования, защиты и дренажа. При этом дренажный материал может быть использован как в комбинации с другими геосинтетическими материалами, так и в комбинации с противоэрозионными материалами (например, Secumat®) для защиты откоса от эрозионных процессов, которые весьма вероятны на крутых склонах при использовании глинистых материалов.

Кроме того, для улучшения стабильности защитного слоя грунта или всей изоляционной системы на крутых или длинных склонах могут быть использованы георешетки. Например, георешетка Secugrid®, изготовленная из плоских прессованных

монолитных стержней, сваренных в местах их соединения, позволяет конструировать крутые склоны. В комбинации с геомембраной георешетки Secugrid® могут воспринимать нагрузки, действующие на откос и защищать тем самым геомембрану Carbofol® от нагрузок.

Важным преимуществом использования геосинтетических материалов при создании верхних рекультивационных покрытий является значительное сокращение толщины рекультивационного слоя (рис. 1, табл. 2), что приводит к увеличению емкости полигона, экономии грунтовых материалов, сокращению времени работ при укладке изолирующих слоев.

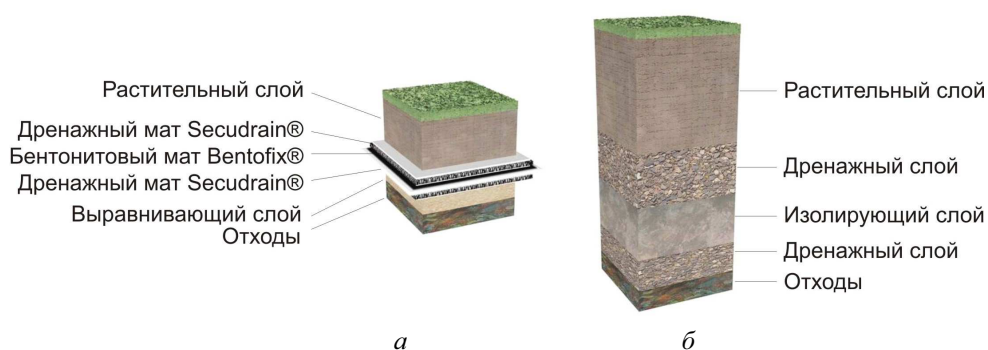


Рис. 1. Толщина рекультивационного покрытия с использованием (а) и без использования (б) геосинтетических материалов

Таблица 2

**Сравнение толщины окончательного водозащитного покрытия рекультивационного слоя полигона ТБО [4]**

Слой покрытия	Толщина слоя, см	
	без геосинт.	с геосинт.
Выравнивающий слой	До 15	–
Защитный слой	20	–
Газовый дренаж	20	20
Гидроизоляционный слой	30	1
Геотекстиль	–	1
Геомембрана	–	1
Дренажный слой	20	20
Слой плодородной почвы	20	20

Следует отметить, что некоторые массивы отходов могут быть устойчивы, имея практически вертикальный угол откоса при высоте до 15 м. Это возможно за счет процессов консолидации

свалочного грунта. Практически можно добиться угла откоса массива отходов 1:1. Однако это делает невозможным проведение работ по рекультивации объекта. Кроме того, невозможно гарантировать устойчивость такого откоса, когда массив отходов начнет уменьшаться в результате процессов разложения отходов.

Для создания устойчивой конструкции при рекультивации полигонов с углом откоса больше чем 1:4 необходимо строительство берм. Обычно бермы устраиваются на каждые 10 м высоты массива отходов и имеют ширину от 3 до 5 м (рис. 2).

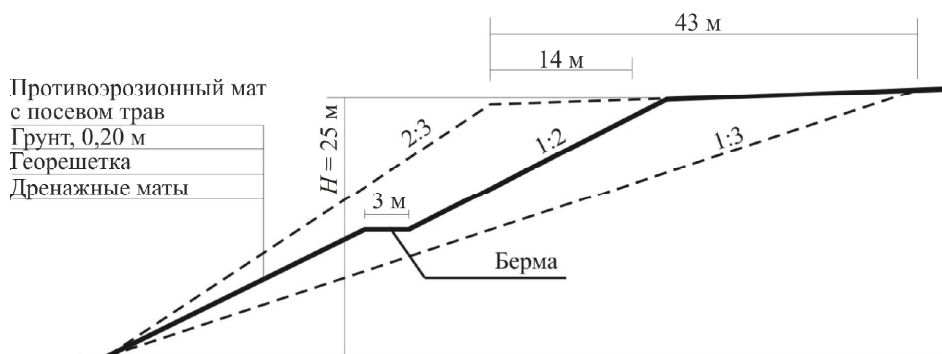


Рис. 2. Рекомендуемая конструкция откоса полигона

Использование геосинтетических материалов становится наиболее актуальным при увеличении угла откоса полигона, особенно более  $45^\circ$ , где использование только грунтовых материалов уже невозможно. Также вопрос использования синтетических материалов актуален на территориях, не обладающих доступными природными материалами, которые могли бы быть использованы в качестве гидроизоляционного основания, искусственного подстилающего слоя рекультивационного покрытия и дренажных систем.

### Библиографический список

1. Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для ТБО / Акад. коммун. хоз. им. К.Д. Памфилова. – М., 1996.

2. Вайсман Я.И., Коротаев В.Н., Висков М.В. Оценка эффективности использования объема рабочего тела полигонов захоронения твердых бытовых отходов // Научные исследования и инновации. Научный журнал. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. – Т.4, № 3. – С. 28–34.

3. ТСН 30-308–2002. Проектирование, строительство и рекультивация полигонов твердых бытовых отходов в Московской области / М-во стр. комплекса Моск. обл. – М., 2002.

4. Увеличение жизненного цикла полигона ТБО / Н.Н. Слюсарь, В.Н. Коротаев, Г.М. Батракова, Ю.Н. Шлее, М.В. Висков // Экология и промышленность России. – 2010. – № 5. – С. 45–47.

Получено 24.10.2012

**N. Sliusar, Y. Zagorskaya, J. Schlee**

## **MODERN APPROACHES TO THE RECULTIVATION OF DUMPS AND LANDFILLS FOR MUNICIPAL SOLID WASTE**

The article describes the approaches and advantages in the using of geosynthetics for a top cover remediation of dumps and landfills. The examples of the using of geosynthetic materials on landfills with steep slopes are shown.

**Keywords:** municipal solid waste, landfill, dump, recultivation, geosynthetic material

*Слюсарь Наталья Николаевна (Пермь, Россия) – канд. техн. наук, доцент кафедры охраны окружающей среды, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, Комсомольский пр., 29, e-mail: slyusar@eco.pstu.ac.ru).*

*Загорская Юлия Михайловна (Пермь, Россия) – ассистент кафедры охраны окружающей среды, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, Комсомольский пр., 29, e-mail: takarova\_u85@mail.ru).*

*Шлее Юрий – директор по сбыту в СНГ NAUE GmbH & Co. KG (Германия, г. Эспелькам-Фистель, e-mail: jschlee@naue.com).*

*Slusar Natalia (Perm, Russia) – Ph.D. in Technics, Associate Professor of Department of Environmental Protection Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomol av., 29, slyusar@eco.pstu.ac.ru).*

*Zagorskaya Yuliya (Perm, Russia) – assistant of Department of Environmental Protection Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomol av., 29).*

*Shlee Yuri (Espelkam Fistel city, Germany) – Director of Sales in CIS countries NAUE GmbH & Co. KG (Germany, Espelkam Fistel city, e-mail: jschlee@naue.com).*