



МИАКОМ[®]
группа компаний



РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ПРОТИВОЭРОЗИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ



Санкт-Петербург
2015

УДК 625

Ответственный исполнитель – инженер-проектировщик А.В. Мошенжал

Научный руководитель – гл. инженер, к.г.-м.н. Е.В. Федоренко

Рекомендации по выбору противоэрозионных мероприятий. – СПб.: МИАКОМ 2015. – 40 с., ил.

Настоящие рекомендации содержат информацию о современных геосинтетических материалах, применяемых для защиты откосной части насыпей и выемок инженерных сооружений в различных отраслях строительства. Представлены рекомендации по назначению параметров конструкции с применением объемной георешетки на основе расчетной методики проверки условия предельного равновесия поверхностной зоны откоса.

Данные материалы (информация) являются коммерческим продуктом и не подлежат копированию в любой форме без письменного разрешения ГК «МИАКОМ».

© Коллектив авторов, 2015

© Группа компаний «МИАКОМ», 2015

СОДЕРЖАНИЕ:

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ЭРОЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ И СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ	4
2. ГЕОМАТЫ	8
3. ОБЪЕМНЫЕ ГЕОРЕШЕТКИ	10
4. РАСЧЕТНАЯ МЕТОДИКА ПРОВЕРКИ УСЛОВИЯ ПРЕДЕЛЬНОГО РАВНОВЕСИЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЗОНЫ ОТКОСА, УКРЕПЛЕННОГО ОБЪЕМНОЙ ГЕОРЕШЕТКОЙ.....	12
5. ПРИМЕР РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕМНОЙ ГЕОРЕШЕТКИ.....	21
6. КРАТКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА.....	27
7. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА.....	35
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	36
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	37

ВВЕДЕНИЕ

Современные рыночные условия определяют требования к непрерывному повышению экономической эффективности принимаемых решений в различных сферах деятельности человека, в том числе строительной отрасли. Реализация подобных требований не возможна без снижения стоимости выполняемых работ за счет применения ресурсосберегающих технологий [1], а также внедрения передового опыта по назначению на стадии проектирования и использованию на практике современных материалов, позволяющих решать инженерные задачи различной сложности. К подобным задачам, среди прочих, относятся обеспечение защиты от эрозии грунтовых сооружений. Это важно, поскольку, как известно, доля применения грунтов в строительстве очень велика.

В работе [2] подробно описываются основные природные геологические процессы, в увязке с причинами их возникновения и негативными последствиями. В настоящих рекомендациях мы ограничимся понятием «эрозия», подразумевающим геологический процесс, негативно влияющий на откосную часть различных грунтовых инженерных сооружений, возникающий по причине действия воды, ветра и гравитации, как наиболее распространенных в практике проектирования.

1. ЭРОЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ И СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ

На поверхность материков постоянно выпадают атмосферные осадки в виде дождей, снега и льда в количестве до 112 тыс. км³ в год [2]. Наибольшую геологическую работу при этом совершает текучая вода, которая, растекаясь по поверхности в сторону понижения рельефа, разрушает горные породы, переносит и откладывает продукты разрушения. После дождя (или таяния снега) вода растекается по поверхности земли в виде многочисленных микроструек, каждая из которых не имеет фиксированного пути. Образуется сплошной поверхностный поток, и разрушительное действие воды осуществляется на всей поверхности земли. Этот процесс носит название эрозионный.

Эрозия - разрушение горных пород и почв поверхностными водными потоками и ветром, включающее в себя отрыв, а также вынос обломков материала, с последующим их отложением.

Проблема защиты грунтовых инженерных сооружений, таких, как железные и автомобильные дороги, обвалование магистральных трубопроводов при их наземной прокладке, откосов насыпей, выемок, русел рек и др., от эрозионных процессов является актуальной для многих регионов России. При этом различают ветровую и водную эрозию.

Ветровая эрозия – это разрушение, вынос и выдувание частиц грунта из откосной части сооружений под действием ветра и/или осадков. Чаще всего эрозия возникает при нарушении целостности растительного покрова.

Водная эрозия – это разрушение и вынос частиц грунта из откосной части сооружений под действием временных потоков атмосферных вод, таких как ливневые дожди, талые воды и т. д.

В соответствии с [3] в целях защиты откосов от ветровой и водной эрозии необходимо предусматривать мероприятия по их укреплению. Ведущим и преобладающим способом укрепления откосов является биологический: посадка древесно-кустарниковой растительности и посев многолетних трав. Первый вариант подходит для применения в качестве «защитного экрана» для

ограждения, например, больших полей сельскохозяйственных угодий от двух разновидностей эрозии, но применительно к укреплению откосной части инженерных сооружений данное решение может быть не приемлемо из различных соображений технического и экономического характера. Вторым вариантом, с применением посева из многолетних трав, позволяет решать как локальные задачи, например, укрепление откосов насыпи под небольшое площадочное сооружение, так и задачи с укреплением линейно протяженных объектов, например, русел рек или земляного полотна железной дороги и т.д. Существенным недостатком данного варианта является сложность удержания на период формирования корневой системы растительного грунта на откосе по причине атмосферных осадков и других природных факторов.

Сегодня все большее распространение во многих областях деятельности человека приобретает использование геосинтетических материалов [4, 5], представленных широкой номенклатурой и различающихся по типу производства, сырья, прочностным и деформативным характеристикам, сферам решаемых задач. Применительно к строительству, данные материалы успешно зарекомендовали себя как эффективный способ повышения свойств грунтов, а также в качестве защиты их от природно-климатических воздействий. Последнее свойство геосинтетических материалов позволяет решать в том числе и задачи по защите грунтов различных сооружений от водной и ветровой эрозии, выполняя при этом функцию защитного покрытия для растительного грунта (рис. 1).

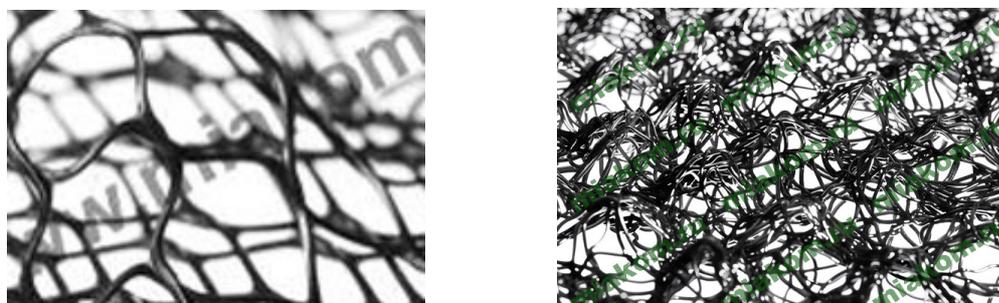


Рис. 1 – Различные варианты противэрозионных геоматов

Следует отметить, что не всегда по техническим причинам представляется возможным применение данного типа защиты откосной части сооружения. Это

может быть связано с необходимостью создания более устойчивой защиты грунтового сооружения, например, от паводковых явлений на пойменных насыпях, на подходах к мостам и т.д., где оказывают в большей степени воздействие на откос волновая эрозия (абразия), а также скорость течения воды. В этом случае применяются другие конструктивные решения, которые также допускают применение геосинтетических материалов в ином исполнении (рис. 2).



Рис. 2 – Примеры применения объемной георешетки

Еще одним эффективным средством противоэрозионной защиты является применение так называемых биоматов. Биомат – это многослойное рулонное полотно, которое состоит из разных видов биоразлагающихся естественных волокон, укрепленных тонким слоем целлюлозы и несколькими слоями джутовой сетки (рис. 3).



Рис. 3 – Примеры биоматов

Считается, что применение геоматов позволяет обеспечивать длительную защиту склона от эрозии, но при этом не обеспечивает защиту семян до формирования стабильной корневой системы. Особенно это актуально в северных территориях или пустынных регионах. Использование биоматов (состоящих из органических частей) создает благоприятные условия для роста семян, но после разложения составляющих биомата защита обеспечивается обыкновенным травяным покровом. В этом случае, если период разложения биомата оказался короче, чем период формирования устойчивой корневой системы, склон (откос) может снова оказаться подверженным эрозионным процессам.

Удачным решением симбиоза положительных качеств геомата и биомата является применение специального композита геомата Стабимат-СМТ[®] или ГЕО ГМ[®] и гидравлической мульчи (рис. 4).



Рис. 4 – Геомат, покрытый гидравлической мульчей

Такой материал обеспечивает защиту семян до момента их произрастания и гарантирует длительную защиту склонов.

Гидравлические мульчи (НМ) содержат 100% переработанной древесины и/или бумажных волокон, воду и стабилизирующую эмульсию (0-3% по массе). Эмульсия обычно содержит органический закрепитель или неорганический полимер. Часто применяются гуар, сок подорожника или полиакриламид. Расход мульчи варьируется от 1600 до 2800 кг/га в зависимости от вида волокна, параметров откоса. Обычная продолжительность работы мульчи – не более 3 месяцев.

Именно эти свойства перечисленных видов геосинтетических материалов выгодно выделяют их перед традиционными способами защиты откосов грунтовых сооружений от водной и ветровой эрозии. В настоящей работе мы более подробно остановимся на материалах геомат и объемная георешетка как наиболее часто используемых в практике проектирования.

2. ГЕОМАТЫ

Противоэрозийный геомат – это гибкий, легкий воздухо- и водопроницаемый геосинтетический материал хаотичной трехмерной структуры, изготовленный из термоскрепленных полимерных волокон, беспорядочно переплетенных в виде «мочалки». Открытая хаотичная структура материала обеспечивает эффективную защиту от эрозии почв как с растительностью, так и до ее появления. К таким материалам относятся ГЕО ГМ® и Стабимат-СМТ®.

Геоматы группы компаний «Миакон» изготавливаются по ГОСТ в соответствии с требованиями СТО 84105891-003-2008 из высококачественного полимерного материала – полиэтилена (Р) и полипропилена (РР) – по методу экструзии с допустимым использованием углерода и других функциональных компонентов в соотношении не более 1% к основному сырью.

Интерес представляет отдельная линейка материалов, совмещающих в себе функции геоматов и, например, преимущества нетканых геотекстилей и геосеток, решающих задачи разделения и армирования соответственно. К таким материалам относятся Стабимат-СМТ-К®, Стабимат-БИО®, АРМОСТАБ-3d® (рис. 5).

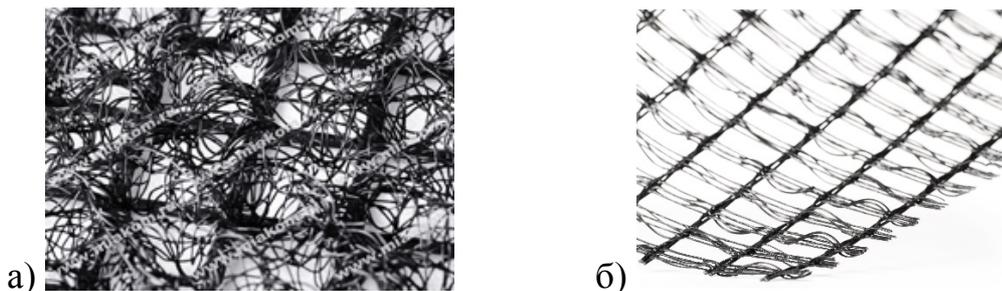


Рис. 5 – Различные виды геоматов: а) - Стабимат-СМТ-К®; б) АРМОСТАБ-3d®

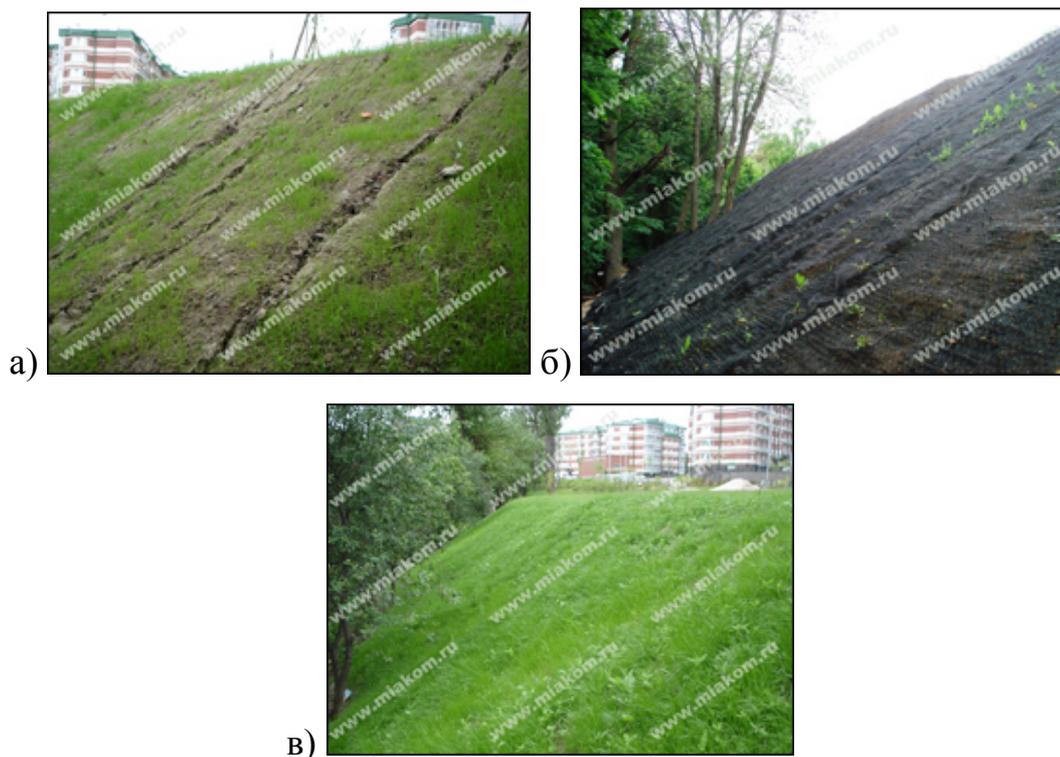


Рис. 6 – Пример применения геомата на реальном объекте: а) эрозия почвы на склоне; б) укрепление склона геоматом; в) склон после укрепления геоматом

Ниже представлено краткое описание геоматов, производимых компанией «Миакон».

Геомат ГЕО ГМ[®] (рис. 1 слева) – это геосинтетический материал, имеющий гибкую, легкую, водопроницаемую структуру. Изготовлен из скрепленных между собой полиэтиленовых сеток.

Геомат СМТ[®] (рис. 1 справа) – это геосинтетический материал с хаотичной структурой переплетенных и скрепленных между собой полимерных нитей. Структура материала имеет очень большой процент пустот и эффективно армирует верхние 1-5 см грунта, препятствуя развитию эрозии на откосах и являясь надежной основой для верхнего слоя почвы и вегетации растений. Геомат обеспечивает долговременную защиту откосов. С самого начала процесса развития корневой системы геомат надежно защищает верхний слой почвы. Корни, переплетаясь с геоматом, создают единый слой, позволяя трехмерной структуре обеспечивать наилучшее сцепление грунта откоса и верхнего слоя плодородного грунта.

Композит СМТ-К® (рис. 5 а) – это геосинтетический композитный материал, состоящий из геомата ГЕО ГМ®, скрепленного с геосеткой Армостаб®. Эффективно работает на крутых откосах большой протяженности.

Стабимат–БИО® (рис. 5 б) – это геосинтетический материал, представляющий собой композит из геомата ГЕО ГМ® скрепленного с одной стороны двумя слоями иглопробивного геотекстиля малой поверхностной плотности, содержащим семена трав. Обеспечивает быстрое произрастание растительности и формирование армированной корневой системы в регионах с коротким летним периодом.

Общими свойствами для данной группы материалов являются следующие:

- устойчивость к воде, т.е. не теряют свои свойства в пресной и соленой воде;
- устойчивость к химическим воздействиям;
- устойчивость к воздействию микроорганизмов;
- устойчивость к воздействию температур - от -30°С до 100°С;
- устойчивость к ультрафиолетовому излучению;
- геоматы нетоксичны.

Более подробная характеристика по данным материалам представлена на интернет ресурсе по адресу: <http://www.miakom.ru/production/geomat/>.

3. ОБЪЕМНЫЕ ГЕОРЕШЕТКИ

Еще одним эффективным решением для защиты откосов от эрозионных процессов является применение геосотового материала (объемная георешетка).

Объемные георешетки ГЕО ОР® (рис. 7) – это гибкая и в то же время прочная трехмерная конструкция, представляющая собой надежно скрепленные друг с другом ультразвуковым соединением пластиковые ленты из полимерного материала, формирующие ячейки одинакового размера, расположенные в определенной последовательности.



Рис. 7 - Объемная георешетка ГЕО ОР®

В сложенном виде объемная георешетка представляет компактный модуль, удобный для хранения и транспортировки. Растянутая объемная георешетка представляет собой ячеистую трехмерную конструкцию заданного размера. Ячейки георешетки заполняются либо растительным грунтом для создания травяного покрова, либо сыпучими материалами (щебень, ПГС и т.д.) для защиты откосов от водной эрозии, например, на подтопляемых насыпях.

Области применения решеток ГЕО ОР®:

- укрепление откосов земляного полотна и повышение эрозионной устойчивости;
- укрепление русел водотоков, берегов водоёмов (естественных, искусственных);
- укрепление дорожных оснований различного типа;
- укрепление железнодорожных оснований;
- строительство подпорных стен;
- укрепление мостовых конусов;
- защита грунтового валика трубопроводов при наземной прокладке.

Технические характеристики и эксплуатационные свойства:

- объемные георешетки изготавливаются из прочного полиэтилена со стабильным молекулярным составом;
- материал имеет равномерную и прочную структуру, оставаясь при этом достаточно гибким;

6. КРАТКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

а. Технологическая последовательность укрепления откоса геоматом

Подготовительные работы. Перед началом укрепительных работ необходимо выполнить подготовку поверхности откоса (планировка, уборка крупных посторонних предметов). Проверка соответствию геометрических характеристик откоса рабочим чертежам. Угол заложения откоса должен быть не больше угла естественного откоса растительного грунта, отсыпаемого на геомат.

1) Устройство анкерной канавы. Вдоль бровки земляного полотна выполняют нарезку анкерной канавы для закрепления в ней геомата. Канавы должны иметь треугольное сечение с заложением откосов 1:1,5 глубиной 0,4 м или трапециoidalного сечения с заложением откосов 1:1 глубиной 0,3 м и шириной понизу 0,2 м. Канавы устраивают на расстоянии 0,2 – 0,6 м от бровки земляного полотна (рис. 12). Устройство анкерной канавы для крепления в ней геоматов возможно производить с помощью автогрейдера или экскаватора с узким ковшом.

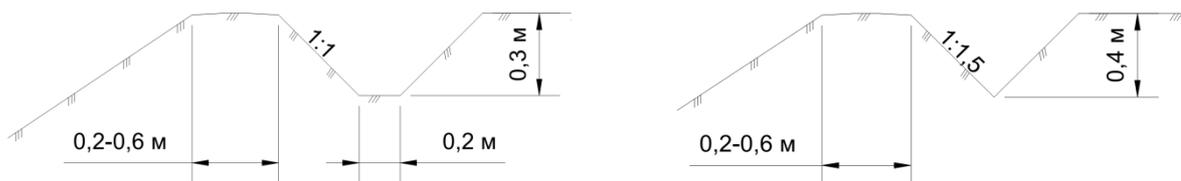


Рис. 12 – Варианты сечения анкерной канавы, для закрепления в ней геомата

2) Транспортировка, распределение вдоль объекта и подготовка рулонов.

Рулоны транспортируют и распределяют вдоль откоса через расстояние, зависящее от длины материала в рулоне и длины укрепляемой поверхности откоса. В подготовку рулонов входит освобождение его от упаковки и, при необходимости, нарезка до нужных размеров.

3) Укладка материала и его фиксация. Укладка геоматов производится сверху вниз с заделкой его в верхней и нижней части анкерами, в заранее подготовленных анкерных канавах (рис. 13).

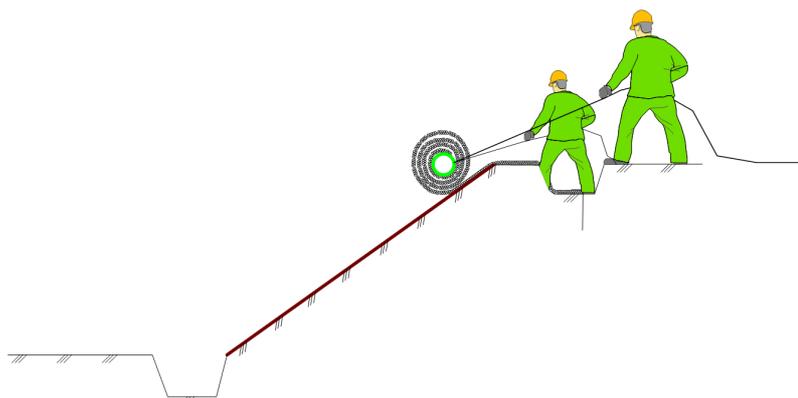


Рис. 13 – Раскатка рулона геомата вручную при помощи троса

Анкерные траншеи после укладки геоматов заполняют песчано-гравийной смесью, щебнем или местным грунтом и уплотняют. Соседние полотна укладываются параллельно с нахлестом не менее 0,2 м и закреплением скобами-анкерами диаметром 3 – 5 мм, длиной 30 см с отогнутым верхним и заостренными нижними концами, изготавливаемыми на месте производства работ из проволоки диаметром 3 – 5 мм. Анкеры и скобы в процессе укладки устанавливают в 2 – 3 точках по ширине рулона через 4 – 6 м по его длине (рис. 14). Работы могут проводиться одним или двумя фронтами в правую и левую стороны вручную.

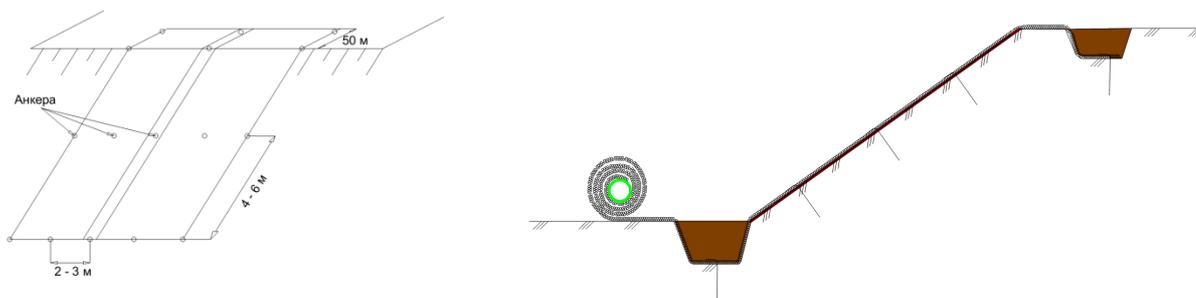


Рис. 14 – Крепление геомата анкерами и заполнение траншейных канав

4) Устройство слоя растительного грунта. Засыпка растительного грунта поверх геоматов производится с помощью экскаваторов, фронтальных погрузчиков сверху вниз, разравнивание и уплотнение грунта производится вручную с постепенным перемещением вдоль укрепляемого откоса.

5) Посев трав. Сеять семена лучше всего в начале вегетационного периода растений, наиболее благоприятного для их развития. Приблизительный расход семян – 40 г на 1 м² поверхности. Две трети семян засеивается на открытые геоматы или на поверхность склона перед укладкой и одна треть — после засыпки материала растительным грунтом. После посева семян, как правило, требуется поливка укрепляемого откоса водой (рис. 15).

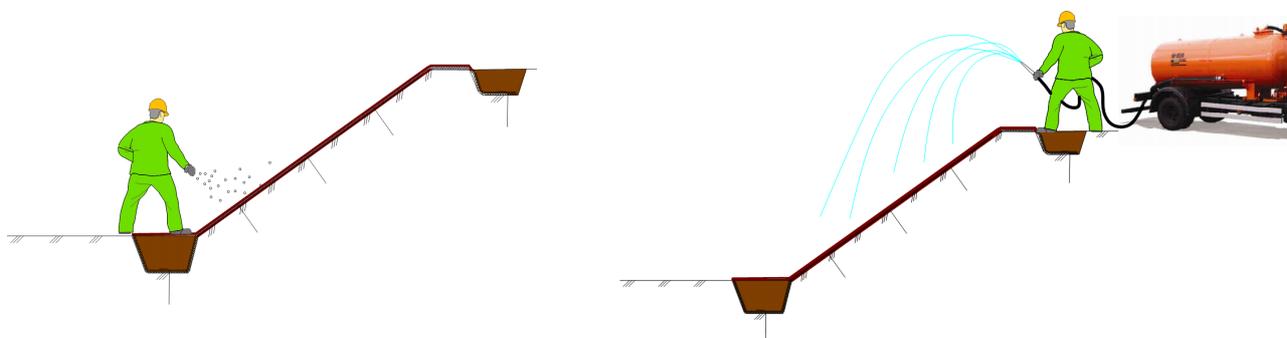


Рис. 15 – Посев семян на распределенный грунт и поливка водой

в. Технологическая последовательность укрепления объемной георешеткой (геосотовым материалом)

1) Подготовительные работы. Перед началом укрепительных работ необходимо выполнить подготовку поверхности укрепляемого откоса (планировка, уборка крупных посторонних предметов). Проверка соответствию

геометрических характеристик откоса рабочим чертежам. При необходимости выполняется уплотнение откоса.

2) Устройство анкерной канавы (при необходимости). Вдоль бровки откоса выкапывают канаву для закрепления в ней объемной георешетки. Анкерная канавка должна иметь размеры показанные на рис. 16.

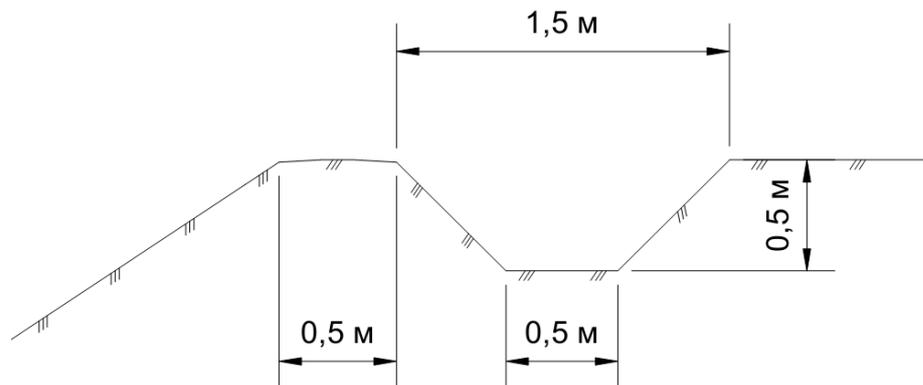


Рис. 16 – Размеры анкерной канавы

3) Устройство упора (при необходимости). Упор из щебня или упорный бетонный блок служит для опоры георешетки в целях предотвратить ее сползание. Как правило, упор против сползания объемной георешетки применяют для откосов большой крутизны и протяженности или откосов, где есть вероятность скольжения объемной георешетки по укрепляемой поверхности. Вдоль подошвы укрепляемого откоса выкапывается канавка, в которой можно выполнить устройство опалубки для заливки бетонного упорного блока либо разместить в канавке уже готовый бетонный блок, или просто заполнить канавку щебнем (рис. 17).



Рис. 17 – Варианты устройства упора

4) Устройство прослойки из нетканого геотекстиля. При укреплении откосов и склонов объемной георешеткой, применение нетканого геотекстиля в

качестве прослойки обязательно, т.к. она будет нести в себе функции разделения, уменьшать скорость течения водного потока и обеспечивать его равномерный сток, препятствуя вымыванию частиц грунта из-под конструкции укрепления. Рекомендуемая поверхностная плотность нетканого геотекстиля должна составлять 200-350 г/м². Прослойка нетканого текстиля укладывается между укрепляемой поверхностью и растянутым модулем объемной георешетки (рис. 18).

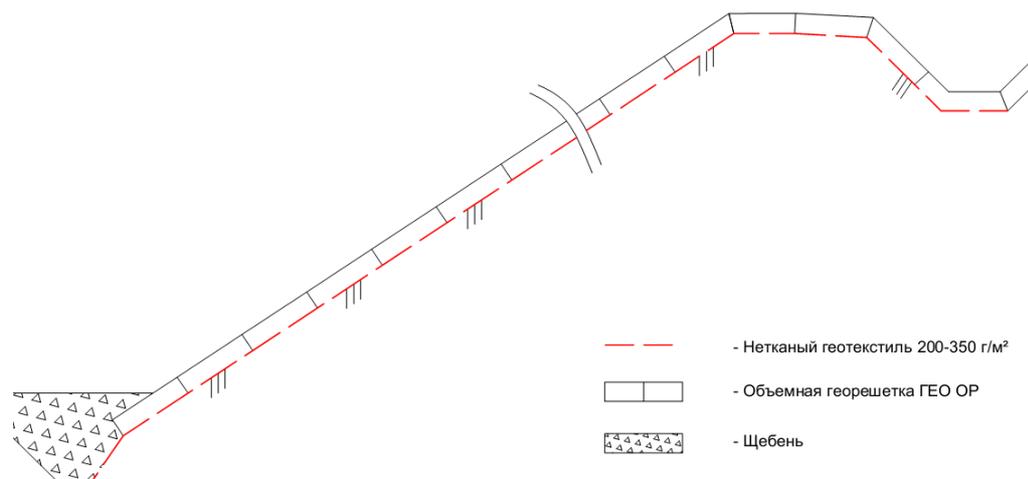


Рис. 18 – Расположение нетканого геотекстиля при укреплении объемной георешеткой

5) Выбор объемной георешетки. При назначении параметров объемной георешетки для укрепительных работ откосов и склонов, необходимо выполнять расчет на основе методики, изложенной в главе 4 настоящих рекомендаций.

6) Монтаж объемной решетки. Перед укладкой модулей геосотового материала необходимо, разместив крайнюю часть модуля в анкерной канаве зафиксировать ее анкером (арматурным штифтом), после чего растянуть модуль до его размеров указанных в тех. паспорте и аналогично зафиксировать модуль с противоположной стороны и по краям.

Необходимые размеры анкера приведены на рис. 19. Минимальное (стандартное) количество и расстановка анкеров по технологическим соображениям (монтажные анкера) предполагает их установку в каждую крайнюю ячейку начала и конца модуля по направлению его растяжения, через

крайнюю ячейку в противоположном направлении, а также равномерно по площади модуля через 1,0-1,2 м (рис. 20).

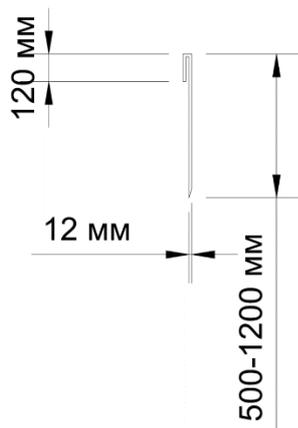


Рис. 19 – Размеры изготавливаемых анкеров

При высоте не подтопляемого откоса более 6 м и его заложении круче 1:1,75, а также при укреплении подтопляемого откоса рекомендуется увеличивать количество анкеров от стандартного, снижая расстояние между анкерами, распределенными по площади, до 0,6-0,8 м. Длина анкеров – не менее 0,6 – 0,65 м при высоте георешетки 75-100 мм и 0,85-0,90 м при высоте георешетки 150-200 мм (для подтопляемых откосов – не менее 1,0-1,2 м).

Стыковка модулей объемной георешетки может выполняться несколькими способами.



Рис. 20 – Схема расположения анкеров и объемной георешетки
В – ширина каркаса, А – длина каркаса (направление растяжения)

7) Стыковка модулей при помощи скоб и специализированного степлера (рис. 21). Представленный способ не требует дополнительных отверстий в модулях объемных георешеток. Скрепление в данном способе получается не достаточно прочным, и при нагрузках есть вероятность отсоединения скоб.

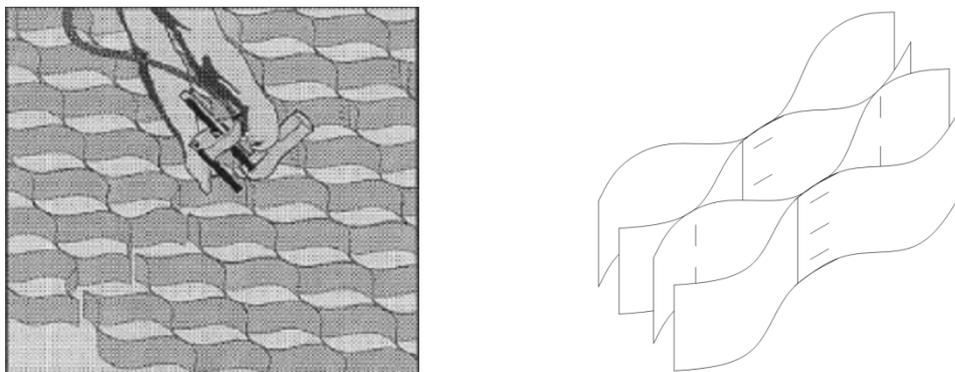


Рис. 21 – Стыковка модулей при помощи пневмостеплера и стальных скоб

8) Стыковка модулей П-образным анкером (рис. 22). Стыковка модулей объемной георешетки П-образным анкером из арматурной стали будет наиболее быстрым и удобным, однако на пучинистых грунтах анкеры имеют свойство выдавливаются.

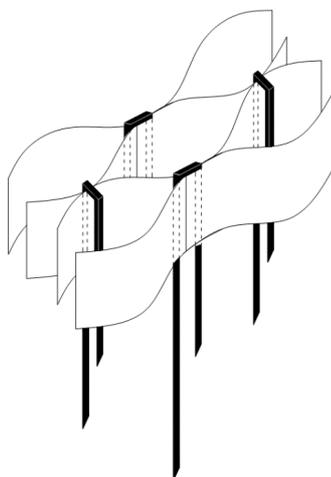


Рис. 22 – Стыковка ячеек П-образным арматурным штифтом

9) Стыковка модулей при помощи троса (рис. 23). Стыковка модулей георешеток тросом удобна, быстра и отличается большой прочностью в узлах соединения, однако требует выполнения дополнительных отверстий в модулях решетки, что увеличивает затраты по времени.

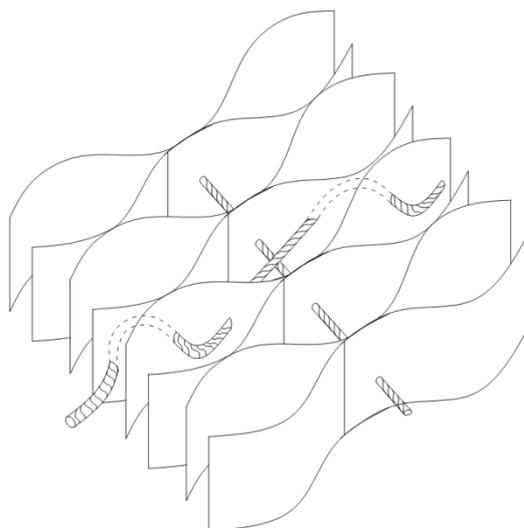


Рис. 23 – Соединение модулей тросом

10) Стыковка модулей заклепками (рис. 24). Стыковка модулей заклепками является наиболее экономичным видом скрепления модулей объемной георешетки, не требующий дорогого оборудования. Скрепление модулей заклепками технологично и прочно, но требует затрат времени на выполнение отверстий в модулях георешеток.

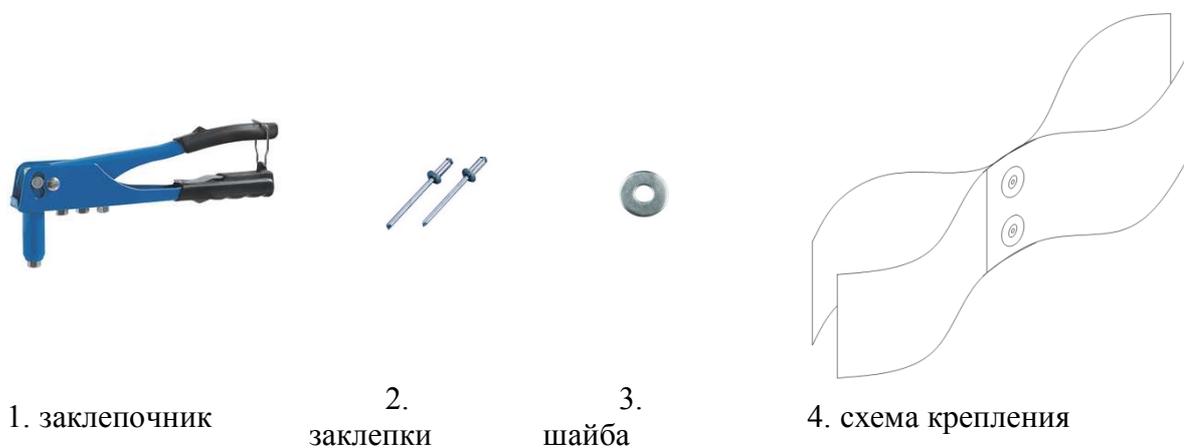


Рис. 24 – Соединение модулей с помощью заклепок

11) Стыковку модулей также можно выполнять при помощи пластиковых хомутов (рис. 25), в заранее сделанные отверстия, или в отверстия перфорации.

12) Заполнение ячеек осуществляют механизировано или вручную при небольших объемах заполнителя, не допуская падения крупнофракционного материала с высоты более 0,5 м. В качестве заполнителя может служить щебень, песок, растительный грунт. Высота слоя засыпаемого материала должна соответствовать высоте ячейки.



Рис. 25 – Пластмассовые хомуты для стыковки модулей

7. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

1. Работы по укреплению откосов необходимо вести в точном соответствии с рабочей документацией. Все изменения в рабочих чертежах допускаются только с разрешения проектной организации.

2. Планировочные работы и работы по устройству щебеночных оснований упорных призм следует принимать и оформлять соответствующими актами непосредственно перед началом последующих работ.

3. Крутизну откоса нужно контролировать шаблонами-откосниками и проверять трехметровой рейкой.

4. Плотность грунта контролируют путем отбора проб в центре образующей откоса и на расстоянии 1 м от бровки и подошвы земляного полотна, а также по одной пробе в промежутках между ними при длине образующей откоса более 20 м. Плотность грунта в поперечнике нужно контролировать через каждые 200 м длины насыпи высотой до 3 м. При высоте насыпи более 3 м пробы грунта следует отбирать в поперечнике через каждые 50 м;

5. Колебания толщины слоя щебня при заполнении ячеек объемной решетки не должны превышать $\pm 10\%$.

6. Строительный контроль качества укрепительных работ откосов насыпей и выемок включает:

- входной контроль;
- операционный контроль производства работ;
- оценку соответствия выполненных работ.

7. Проверка качества укладки геосинтетических материалов осуществляется визуально, на предмет сплошности, качества стыковки, по результатам осмотра составляется акт на скрытые работы.

8. Отсыпка материала на геосинтетический материал должна быть произведена в течение рабочей смены.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сохранение на протяжении всего периода эксплуатации первоначальных, заданных на стадии строительства, характеристик грунтов является одной из основных задач для проектировщика. Именно поэтому при проектировании, в том числе противоэрозионных мероприятий, важно правильно назначать инженерные решения, подкрепленные необходимыми расчетами. Сегодня все большее применение в строительстве находят геосинтетические материалы, положительно зарекомендовавшие себя как эффективное средство для решения задач геотехники различной сложности и направленности. Рынок геосинтетических материалов находится в непрерывном развитии, и перед проектировщиком зачастую встают вопросы по применению тех или иных материалов для конкретных случаев.

Для решения задачи о назначении противоэрозионных мероприятий успешно применяются геоматы и объемные георешетки. Эти материалы обладают всеми необходимыми наборами свойств, позволяющих использовать их в различных климатических и инженерно-геологических условиях, при этом сокращая эксплуатационные расходы на содержание сооружения в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пиотрович, А. А. Ресурсосбережение в разработке новых технологий и конструкций дорожных грунтовых сооружений / А. А. Пиотрович, С. М. Жданова // Новые идеи нового века : материалы международной научной конференции / ФАД ТОГУ. – Хабаровск, 2006. – С. 79-84.
2. Ананьев, В.П. Инженерная геология: учеб. для строит. спецов. Вузов / В.П. Ананьев, А.Д. Потапов. – 3-е изд., перераб. и испр. – М. : Высш. шк., 2005. – 575 с. : ил.
3. Методические рекомендации по рекультивации земель, нарушаемых при транспортном строительстве / Минтрансстрой СССР. - М.: Всесоюзный научно-исследовательский институт транспортного строительства, 1983.
4. Федоренко, Е.В. Геотехнологии и геосинтетические материалы в транспортном строительстве. – СПб.: МИАКОМ, 2011.
5. Мошенжал, А.В. Геосинтетические материалы в балластной призме: обзор экспериментальных исследований // Транспортное строительство. 2014. № 9. С. 21-23.
6. ОДМ 218.3.032-2013 Методические рекомендации по усилению конструктивных элементов автомобильных дорог пространственными георешетками (геосотами), 2013.