

УДК 624.137

И.Ю. Булич, асп., Е.С. Причина, асп., Е.А. Власова, студ.
*Государственный ВУЗ «Национальный горный университет»
г. Днепропетровск*

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ И МЕТОДОВ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВЫХ СКЛОНОВ С ЦЕЛЬЮ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГОРОДСКИХ ОПОЛЗНЕОПАСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

В настоящее время важное место занимает проблема сохранности и рационального использования природных ресурсов, к которым относятся пригодные для ведения хозяйственной деятельности территории. В связи с расширением городов застраиваются участки, которые ранее считались непригодными для возведения зданий. Одновременно с этим возникает необходимость в инженерной защите склонов, обладающих неблагоприятными геоморфологическими свойствами, и постоянном контроле за оползневыми процессами.

На территории такого мегаполиса, как Днепропетровск, находится значительное количество склонов, грамотная застройка которых может дать значительный экономический эффект в условиях современного дефицита свободных земельных площадей. Данные мероприятия осложняются двумя основными фактами:

- сильно развитой овражно-балочной системой;
- значительную часть города занимают лессовые грунты, резко изменяющие свои свойства при водонасыщении.

На территории города оползневые процессы проявляют себя в разной степени каждый год (рис.1). Самый масштабный и разрушительный оползень зафиксирован в 1997 году на ж/м Тополь (рис.2). Последний крупный оползень сошел в ноябре 2011 года (рис.3).

Таким образом, актуальным вопросом является изучение состояния склонов и разработка мероприятий по их использованию для строительства, т.к. неверная оценка устойчивости оползнеопасных территорий и последующие прогнозы могут привести к значительным экономическим и человеческим потерям. В рамках оценки устойчивости склонов требует активного рассмотрения проблема достоверного расчета устойчивости склонов и их эффективного укрепления. Анализ устойчивости склонов и откосов во всех используемых на практике методах сводится к определению коэффициента устойчивости и величины оползневого давления.



Рисунок 1 – Рыбальская балка, отселенные дома вследствие подвижек склона; укрепительный контрбанкет, май, 2014 год



Рисунок 2 – Техногенная катастрофа на ж/м Тополь, 1997 год



Рисунок 3 – Оползень в г. Днепропетровск. Рыбальская балка, ул. Войцеховича, 2 ноября 2011 года

Коэффициент устойчивости рассчитывается по формуле:

$$K_y = \frac{\sum M_{уд}}{\sum M_{сдв}}, \quad (1)$$

где K_y – коэффициент устойчивости; $\sum M_{уд}$ – сумма моментов сил, которые удерживают массив грунта; $\sum M_{сдв}$ – сумма моментов сил, которые сдвигают массив грунта [1-3].

Однако практические расчеты откосов и склонов на основе разных методов часто предлагают различные по величине коэффициенты устойчивости, оставляя актуальным вопрос о степени достоверности полученного в ходе расчетов значения. Необходимым, на наш взгляд, становится подход к расчету склонов, учитывающий как результаты аналитических методов, так и численного моделирования оползнеопасных грунтовых массивов. Таким образом, несмотря на то, что с каждым годом методы расчета и подходы к решению проблемы оценки устойчивости совершенствуются, на наш взгляд, необходимо выполнять максимально комплексные расчеты устойчивости, которые бы позволили закладывать в мероприятия инженерной защиты склонов адекватные запасы устойчивости.

В рамках инженерной защиты территории от оползневых проявлений выбираются способы закрепления грунтовых склонов. Одними из самых современных и перспективных среди них являются геосинтетические материалы.

Первые попытки повышения прочности грунтов на основе армирования с применением стальных полос, георешеток и геосеток были предприняты в начале прошлого столетия, а в 60-е годы с развитием химической промышленности стали использоваться нетканые геотекстилы, а затем и высокопрочные геосетки и геоткани. Большой вклад во внедрение геотекстиля сделан такими учеными: проф., д.т.н. Казарновским В.Д., инженером Львовичем Ю.М., к.т.н. Полуновским А.Г., д.т.н. Рувинским В.И., к.т.н. Фоминым А.П., проф., д.т.н. Темофеевой Л.М [4].

В зарубежной практике строительства термин «геосинтетические материалы» введен в практику в 90-х годах двадцатого столетия как термин, который пришел на смену определению «геотекстиль». Геотекстили были первыми представителями технических текстилей и тканей, которые начали использоваться в строительстве и геотехнике. Следующим представителем технических материалов стали георешетки. В результате исследований французского ученого А. Видаля, был разработан новый вид материала в геотехнике – «армированный грунт» (армогрунт) [5,6]. Перечисленные исследования внесли серьезный вклад в разработку методов повышения прочности нестабильных грунтов, однако по-прежнему актуальной является проблема выбора наиболее эффективного геосинтетического материала для частных грунтовых условий при поверхностной эрозии.

В ходе данной работы был выполнен анализ современных геоматериалов и их свойствс целью возможного применения их для укрепления бортов оползнеопасных участков балок г. Днепропетровска.

В 2015 году проводится инженерная защита правого склона балки Тоннельная в г. Днепропетровске. Согласно инженерно-геологического отчета ООО НПП "ГИИНТИЗ" данный склон состоит из 4-х участков: верхнего слабопологого (уклон 1-5 градусов) и верхнего крутого (15 – 40 градусов), среднего пологого (уклон 12-16 градусов) и нижнего участков(уклон 45-60 градусов). На втором крутом и третьем пологом участках в разное время зафиксированы оползневые процессы.

Общая высота профиля склона составила 42 м, протяженность - 550 м.

Водоотводные железобетонных каналы на данной территории, частично нарушены. В верхней части склона находится большое количество нарушенных подвалов и ям, наполовину засыпанных бытовым мусором, затрудняющим отток дождевой воды. На данный момент вызывает опасения современный сдвиг, зафиксированный при обследовании склона балки осенью 2009г. На нижнем участке верхней части склона ниже водоотводной канавы существует стенка отрыва оползня высотой 1.5-2.0 м состоящая из лессовых пород. Ступенчатая форма стенки отрыва имеет множество заколов, которые привели к полному разрушению бетонных стенок лотка. При этом форма смещения грунтовых масс в плане сложная, вытянутая вдоль склона и образует фронтальный сдвиг шириной смещения по фронту 500 м, и с бровкой срыва овальной извилистой формы. Длина вниз по склону составляет 25-30 м, превышение бровки срыва над подошвой вала выпора составляет 5.0-6.0 м. Ниже расположена более пологая поверхность прислоненных оползневых масс лессовых почв, формируя нишу обрыва оползня шириной до 1.5-2.0 м. Между подошвой стенки и нишей отрыва на отдельных участках наблюдаются вертикальные трещины глубиной от 0.5-0.6 м до 2.0 м и канавы.

Рельеф поверхности оползневого тела довольно неровный. В течение выпадения большого количества атмосферных осадков (май-июнь 2010 г.) увеличилась ширина раскрытия трещин, при этом появились новые трещины заколов и увеличилась глубина промоин.

За период 2000-2010 года в верхней и в средней частях склона вследствие проникновения в почву склона большого количества атмосферных осадков смещение вновь активизировалось. Отрыв головы смещения зафиксирован весной 2010 г. Смещение находится в начальной фазе, и при продолжении водонасыщения грунтов и при отсутствии мер укрепления существует риск активизация оползня [7].

В настоящее время в строительстве наиболее простым и эффективным методом укрепления откосов и склонов является применение геосинтетических материалов, т.к. они обладают рядом преимуществ, таких как водостойкость, биостойкость, стойкость к воздействию кислотных и щелочных сред, устойчивость к ультрафиолетовому излучению, механическая стойкость,

температурная стойкость, устойчивость к циклам промерзания-оттаивания, экологичность (за счет сокращения использования природных ресурсов). Отдельно стоит отметить такое свойство геосинтетических материалов, как долговечность.

В строительной практике широко применяются именно геосинтетические полимерные материалы, изготовленные из синтетических или натуральных полимеров в виде плоских форм, лент или трехмерных структур. Исходным сырьем для таких материалов являются: полипропилен, полиэтилен, высокопрочный полиэтилен, полиамид (капрон) и полиэфир (лавсан).

Геосинтетические материалы позволяют стабилизировать эрозионные процессы грунта и предотвратить его обрушения под собственным весом или сползание вследствие сил инерции (рис.4) [8].



Рисунок 4– Пример применения георешетки для закрепления склона

В ходе анализа характеристик и прочностных показателей различных геосинтетических материалов из всего многообразия, представленного на рынке Украины, наиболее эффективными были выбраны георешетка и геотекстиль, рассматриваемые в совместном применении. В то время как георешетка, обладая высокой прочностью, выполняет защитную и удерживающую функцию, геотекстиль позволяет выводить избыток воды из геотехнической конструкции. При этом, анализируя популярность применения в мире, геотекстиль получил самое широкое распространение среди всех видов геосинтетических материалов (рис. 5).

Схема конструктивного решения укрепления откоса представлена на рисунке 6.

В сложных грунтово-гидрогеологических условиях на поверхности откоса под георешеткой рекомендуется создавать защитный слой или обратный фильтр из геотекстильных материалов [6,9]. Создание такого слоя (фильтра) обязательно:

- при укреплении подтопляемых откосов (обратный фильтр);
- при укреплении неподтопляемых откосов, сложенных водонеустойчивыми, легкоразмываемыми грунтами (защитный слой);
- при наличии выклинивающихся водоносных горизонтов в мокрых выемках (обратный фильтр).

Так, в частности, для грунтовых условий г. Днепропетровска самой распространенной проблемой оползания откосов и склонов является отсутствие оттока воды и переувлажнение грунтов, особенно в пылевато-глинистых и лессовых грунтах, которые изменяют свои свойства в процессе водонасыщения.

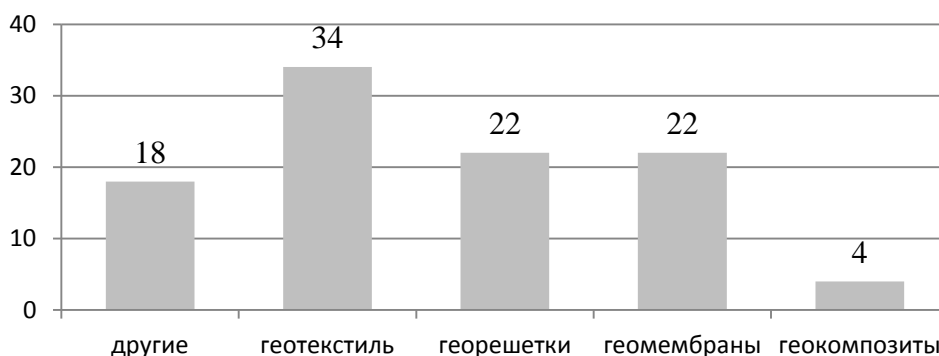


Рисунок 5 – Использование геосинтетических материалов в мире

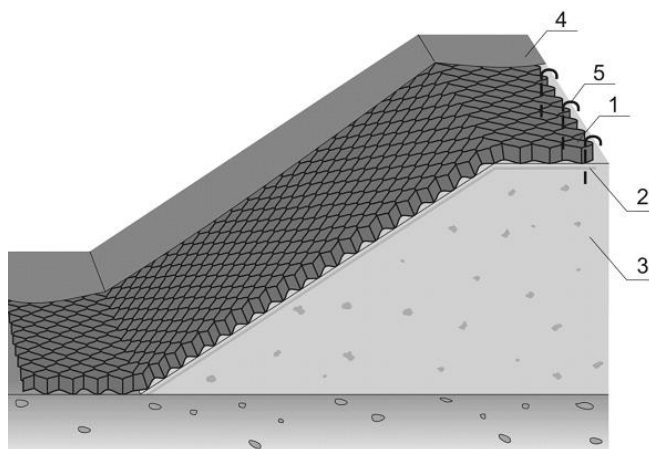


Рисунок 6 – Схема конструктивного решения укрепления откосов насыпных сооружений георешетками: 1 - георешетка; 2 - нетканый геотекстильный материал, уложенный под георешетку; 3 - грунт тела насыпи; 4 - растительный грунт; 5 – анкера

Таким образом, на примере геоконпозитных материалов нами было предложено совместить свойства георешетки и геотекстиля с креплением последнего посредством анкеров. Для заполнения ячеек георешетки рекомендуется использовать крупнофракционный наполнитель.

Данная комбинация геосинтетических материалов одновременно будет выполнять удерживающую функцию, препятствовать физической суффозии,

продавливанию, оплыванию грунтовой массы вследствие разжижения, а также не допускать обводнения грунтов.

В ходе исследования были сделаны следующие выводы:

1. Балки г. Днепропетровска характеризуется большим количеством оползнеопасных склонов в силу геологического строения и неэффективных противооползневых мероприятий, что в контексте расширения застройки города является серьезной проблемой.

2. Представляет актуальную проблему достоверность и увязка между собой результатов расчетов устойчивости оползнеопасных склонов. Предложен подход, предполагающий комплексную оценку устойчивости на основе применения аналитических и численных методов с целью последующего выбора наиболее рациональных мероприятий по оползневой защите территории.

3. Применение высокопрочных геосинтетических материалов позволяет повысить устойчивость грунтовых конструкций на сдвиг, тем самым обеспечивая необходимую стабильность грунтов.

4. На основе данных сравнительного анализа установлена целесообразность использования комбинации геосинтетических материалов для частных условий площадки. В данном исследуемом случае для инженерных условий Тоннельной балки г. Днепропетровска предложено укрепление склона с применением комбинации георешетки и геотекстиля с устройством защитного слоя.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гинзбург Л.К. Противооползневые удерживающие конструкции: монография/ Леонид Константинович Гинзбург. – М.: Стройиздат, 1979. – 80 с.

2. Цытович Н. А. Механика грунтов / Н. А. Цытович. — М.: Высш. шк., 1979, —272 с.

3. Шашенко А.Н., Пустовойтенко В.П., Хозяйкина Н.В. Механика грунтов: учебный посібник. К.: Новий друк, 2008. - 128 с. іл. Рос.

4. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от оползней и обвалов. Основные положения: ДБН В.1.1-3-97.-[Действителен от 1997- 01- 07]. – К.: Госпотребстандарт Украины, 1998 - 40 с. – (Национальный стандарт Украины).

5. Королев М.М. Второй международный конгресс по геотекстилю (Лас-Вегас, США) / М.М. Королев // Трансп. стр-во за рубежом:Экспресс-информ. ВПТИтрансстрой. - 1984. - Вып. 11. - С. 8-9.

6. Федоренко Е.В. Современные геотехнологии в строительстве: [учебное пособие] / Е.В. Федоренко. - Хабаровск: Изд. ДВГУПС, 2009. - 96 с.

7. Науково-технічний звіт по об'єкту: "Інженерний захист правого схилу балки Тунельна в районі залізничного тунелю в м.Дніпропетровську, вишукувальні роботи". (в трьох книгах) Книга 2 – інженерно-геологічні роботи

(текст звіту з табличними, текстовими і графічними додатками).- «Укрвосток-ГІІНТИЗ», Днепропетровский филиал, г. Днепропетровск, 2010г.

8. Навантаження і впливи: ДБН В.1.2-2:2006. – [Чинний від 2007-01-01]. - К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 9 с. - (Національний стандарт України).

9. Механика ґрунтів / [Шаповал В.Г. и др.]. – [учебник]. - Днепропетровск: Пороги, 2010. - 168 с.