

11. List of means of production for organic farming (Union of Organic Farming) [Electronic resource]. URL: // soz. bio / project / preparaty-dlya-organicheskogo-zemledeliya /) (accessed: 06/15/2019)

УДК 626.35

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.74.59.041

ТРАДИЦИОННЫЕ И СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ КРЕПЛЕНИЯ ОТКОСОВ КАНАЛОВ

Яковлев Е.А.

БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь

***Аннотация.** Проведен анализ существующих методов борьбы с разрушениями откосов мелиоративных каналов. Рассмотрены основные достоинства и недостатки применения различных методов и условия их применения. Предложены новые схемы применения геотекстиля для крепления откосов каналов и дана методика расчета одной из них.*

***Ключевые слова:** каналы, крепление откосов, геотекстиль, устойчивость, расчетные формулы*

TRADITIONAL AND MODER METHODS FOR CHANNEL SLOPE STABILIZATION

Yakovlev E.A.

BNTU, Minsk, Republic of Belarus

***Abstract.** The analysis of existing methods of dealing with the destruction of slopes of reclamation canals is carried out. The main advantages and disadvantages of using various methods and the conditions for their application are considered. New schemes for the use of geotextiles for channel slopes stabilization are proposed, and a methodology for calculating one of them is given.*

***Keywords:** Channels, slope stabilization, geotextiles, stability, calculating formulas*

Канал – искусственный водный объект, возводимый для направления и контроля водных потоков, сокращения продолжительности водных маршрутов, либо для подачи воды потребителям. Основная цель **строительства канала** – соединение двух или более объектов, образуя между ними обводненный участок необходимой в данном случае формы и площади проходного сечения [6].

Учитывая назначение данных объектов, можно сказать, что нарушение их функционирования может привести к перебоям в работе всей системы. Особое внимание в каналах уделяется откосам и днищу.

Объектом исследования для данной работы выбраны именно откосы и методы их крепления.

Потеря устойчивости откосов описывается следующими причинами [5]:

- устройство недопустимо крутого откоса, находящегося в состоянии, близком к предельному;
- увеличение внешней нагрузки (возведение сооружений, складирование материалов на откосе или вблизи его бровки);

- изменение внутренних сил (увеличение удельного веса грунта при возрастании его влажности или, напротив, влияние взвешивающего давления воды на грунты);

- неправильное назначение расчетных характеристик прочности грунта или снижение его сопротивления сдвигу за счет, например,

- повышения влажности;

- влияние размыва на критических участках (поворотах, местах сужения) или изменение скоростного режима в канале (при сбросах воды).

- проявление гидродинамического давления, сейсмических сил, различного рода динамических воздействий (движение транспорта, забивка свай и т.п.).

Для решения данных проблем применяются различные методы стабилизации откосов, такие как: посев многолетних трав, одерновка, крепление сборными или монолитными железобетонными плитами, каменное мощение, применение габионов, применение геосинтетических материалов, таких как геотекстиль или георешетки. Рассмотрим каждый из них в отмеченной последовательности.

Посев трав [1]. По пригодности для произрастания трав растительные грунты разделяются на тяжелые, т.е. такие грунты, на которых трава плохо приживается, такими грунтами считаются пески и глины, к средним, относятся супеси и суглинки и легкие - черноземные и иные грунты с высоким содержанием гумуса. При использовании легких и средних грунтов посев трав может быть произведен непосредственно по грунту, из которого отсыпается откос насыпи или выполнена выемка; при тяжелых грунтах необходимо выполнить поверх откоса отсыпку из легкого грунта. Песчаные откосы могут быть укреплены и без дополнительной отсыпки легкого грунта, однако тогда для посева следует применять семена трав с длинной корневой системой: песчаная рожь, песчаный овес и т. п.

При посеве трав в сухой грунт, после посева следует произвести уплотнение засеянного откоса легкими трамбовками, и производить полив засеянных участков в течение нескольких дней после посева (перед заходом солнца).

При наличии мест, в которых посев не удался, повторное засеивание участков производят весной следующего года такими же семенами.

При необходимости незамедлительного ввода в эксплуатацию канала может применяться биологическое крепление откоса одерновкой.

Одерновка. В зависимости от крутизны откоса применяют различные схемы одерновки. При небольшой крутизне откоса применяют сплошную одерновку или укладку дерна в клетку. Данная схема заключается в покрытии поверхности откоса дерном, который укладывается горизонтальными рядами с перевязкой швов и креплением к поверхности откоса деревянными спицами. На откосах круче, чем 1:1 сплошная одерновка держится плохо и ее производят способом укладки в стенку, который заключается в том, что откосы насыпи или выемки обкладывают дерном. При этом дернины кладут одна на другую, и в этом случае крепление дерна не производится [1].

Для эффективного крепления откосов одерновкой необходимо соблюдать следующие правила:

- заготовку дернины производить незадолго до начала работ;
- использовать качественную дернину;
- укладку следует проводить ранней весной либо осенью, чтобы корни трав смогли за более короткий срок прорасти в грунт откоса.

Следующим более активным методом стабилизации откоса является *каменная наброска*. Наброска относится к одному из наиболее целесообразных типов крепления при наличии местного строительного материала – камня [3].

Укрепление откосов с применением каменной наброски производят для защиты их от подмыва текущей водой, размыва и действия волн. Благодаря надежности, простоте осуществления и большим срокам службы, каменная наброска является распространенным типом крепления. Для этого применяют различный по минералогическому составу и размерам камень. Толщину слоя наброски принимают равной 2-3 от наибольшего размера камней.

Несмотря на весомые преимущества крепления откоса каменной наброской следует понимать, что для применения крепления данного типа необходимо наличие в районе материального ресурса – камня с требуемыми характеристиками, в противном случае проведения таких работ является высокочеловеческим.

В случаях, когда применение каменной наброски становится не целесообразным, применяется метод *крепления откосов бетонными или железобетонными плитами*. Крепление откосов данным способом служит для защиты их от воздействия течения воды, волновых ударов и льда.

Для облицовки применяют различные конструкции, начиная от облегченных сборного типа плит до монолитного бетонного покрытия толщиной 0,3 м [2].

Укладка бетонных покрытий производится на слой щебня или гравия толщиной 0,1—0,2 м. В нижней части откоса, или у основания насыпи необходимо выполнение бетонного упора для предотвращения оползания крепления, а также фиксации его в проектном положении. В качестве альтернативы бетонному упору может отсыпаться каменная упорная призма, а при укреплении подтопленного откоса предварительно берму отсыпают из камня до отметки на 0,25 м превышающей отметку уровня воды (в период строительства). Небольшие бетонные плиты на откосах укладывают без соединения их друг с другом, а крупные железобетонные плиты необходимо соединять металлическими хомутами, которые создают шарнирное соединение. Покрытия из наиболее крупных плит омоноличивают для создания отдельных карт, разделенных температурными швами. Подачу материалов и плит на откосы производят с помощью кранов, устанавливаемых у подошвы насыпи, на берме или на обочине. Доставку материалов и плит производят заблаговременно и складывают вдоль откоса. Последовательность укладки плит производится снизу вверх на предварительно выровненное и уплотненное механизированным способом основание.

Недостатком данного способа является применение массивных конструкций, требующих для их обслуживания большегрузных средств механизации,

тщательной планировки дна и откосов канала, что удорожает производства данного типа работ [3].

На сегодняшний день широкое применение для облицовок находит использованием *георешеток* и *геотекстиля*.

Данные материалы могут использоваться как совместно, так и по отдельности. Объемная георешетка защищает откосы от эрозии и ливневых потоков, позволяет озеленить их и сохранить естественный рельеф. Для укрепления склонов может использоваться как обычная, так и решетка с перфорацией. Отверстия в стенках ячеек георешетки служат для улучшения ее дренирующих характеристик и поддержания необходимого уровня влажности для формирования растительного слоя. Объемная георешетка зачастую применяется на склонах с заложением откосов 1:1.

Геотекстиль – это нетканый материал в рулонах, изготовленный из полипропиленовых и полиэфирных волокон методом пневмоэкструзии.

При проведении работ укрепления подтопляемых откосов геотекстильные маты укладывают в комплексе с классическими конструктивными элементами, воспринимающими различного рода гидродинамические воздействия, на поверхностную зону откоса и одновременно фиксирующими текстильное полотно на поверхности откоса. Геотекстильная прослойка устраивается как дополнение к традиционным конструкциям укрепления с целью повышения ее надежности или взамен какого-либо из элементов укрепления для снижения материалоемкости конструкции. В большинстве случаев геотекстильное полотно в укреплении подтопляемой насыпи выполняет функцию обратного фильтра, препятствующего выносу водным потоком грунтовых частиц из тела насыпи, или служит ограждением, обеспечивающим устойчивое положение грунтового откоса при силовом воздействии воды или при снижении прочности грунта в процессе подтопления и увлажнения. Одновременно с этими основным назначением геотекстильной прослойки в отдельных случаях является роль армирующего элемента и покрытия, защищающего от эрозии [4].

Предлагаемый способ предусматривает крепление откоса геотекстилем отдельными карманами в вертикальном направлении (рисунок 1), а также крепление матов при помощи пригрузочных карманов по длине канала (рисунок 2) [1].

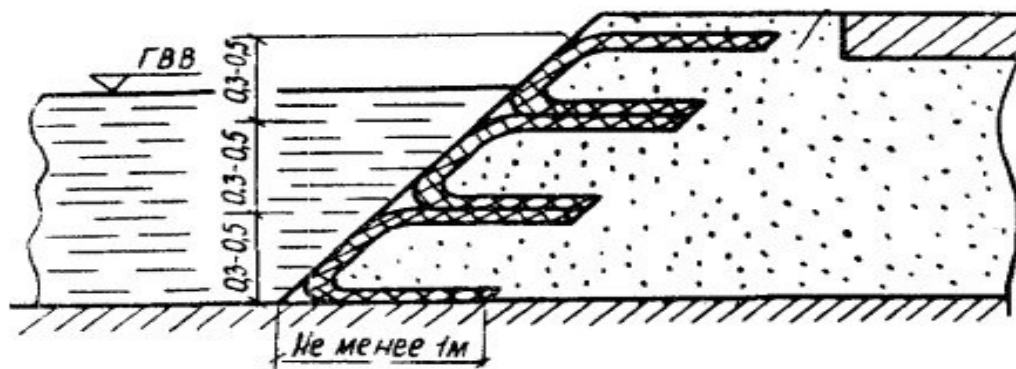


Рисунок 1 – Крепление карманами в вертикальном направлении

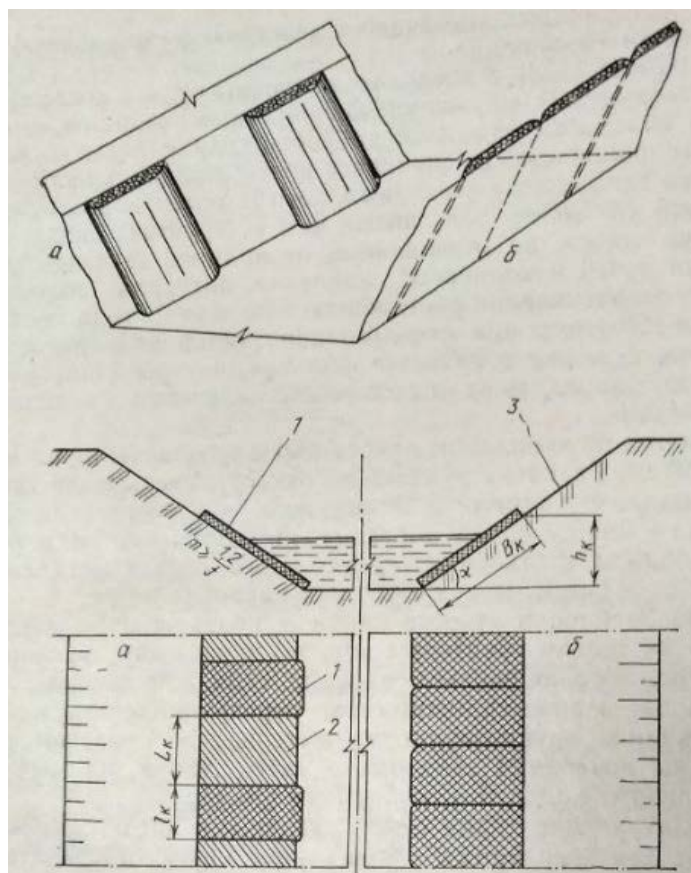


Рисунок 2. – крепление откосов геотекстилем с пригрузочными карманами:
 а – с дискретным креплением карманов; б- со сплошным их размещением;
 1 – карман, 2 – геотекстиль, 3 – заложение

Предполагается, что данный метод позволит выполнять крепление откосов с меньшим углом заложения, при этом сохраняя устойчивость в наиболее подверженных разрушению участках на сужениях и поворотах.

Основные преимущества, которыми обладает геотекстиль, являются [4]:

- высокая морозостойкость;
- материал устойчив к разрушению избыточной влагой в почве и атмосферными осадками;
- под покровом не наблюдается развитие патологической микрофлоры;
- материал эластичен, выдерживает увеличение до 120% от собственной площади;
- геосетка из синтетических волокон многофункциональна и удобна.

Гибкие и пластичные полотна не боятся сейсмических колебаний и перепадов температуры. Ее легко транспортировать в виде рулонов и укладывать на осыпавшийся грунт;

- покрытием уплотняют почву, армируют склоны, защищая искусственный рельеф от разрушений.

Недостатком данного метода является то, что данная конструкция, при некачественном выполнении работ или при допущении ошибок при проектировании, не обеспечивает требуемую статическую устойчивость и защиту откоса от

ледовых воздействий. Также синтетические материалы не устойчивы к воздействию прямого ультрафиолетового излучения.

Фильтрующие ткани с перегрузочными карманами применяются на каналах глубиной 1,5...2,0 м, проложенных в песчаных и супесчаных грунтах при скоростях течения воды в русле $v=2,5$ м/с. При уровнях грунтовых вод выше 0,5 м от дна канала, обеспечивающих напорное питание, крепление применяют в сочетании с устройством приоткосного дренажа. Конструктивно крепление выполняют в виде чередующихся участков из фильтрующей ткани и перегрузочных карманов, пригрузочных карманов из этой же ткани, или с непрерывным размещением карманов, заполненных крупнозернистым материалом. Ткани должны обладать достаточной прочностью на разрыв $R_p > 1,5 \dots 2,0$ кг/см. Устойчивость к воздействию атмосферных факторов и гидрохимической среды, а также водопроницаемость должна быть в 5...10 раз выше, чем у грунта [1].

При расчетах устойчивости крепления используют приведенное сопротивление ткани разрыву (в кг/см):

$$R_p = K_d \cdot R,$$

где: K_d – коэффициент деформативности (0,05...0,1 – для синтетических материалов);

R – нормативное сопротивление ткани разрыву, кг/см.

Для нормальной работы крепления в несущих грунтах достаточно, чтобы водопроницаемость ткани и крупнозернистого заполнителя карманов был в 5...10 раз больше, чем грунта, и чтобы частицы скелета защищаемого грунта не проникали в фильтр.

Коэффициент фильтрации крупнозернистого заполнителя пригрузочных карманов определяется опытным путем или приближенно (при известном гранулометрическом составе) по экспериментальной зависимости М. Павчича [2]:

$$K_\phi = \frac{4\varphi_1}{\nu} \cdot \sqrt[3]{\eta} \cdot \frac{n_s^3}{(1 - n_s)^2} \cdot d_{17}^2$$

где: φ_1 – коэффициент, учитывающий форму и шероховатость фракций грунта: для песчано-гравийно-галечного грунтов $\varphi_1 = 1,0$; для щебеночных грунтов $\varphi_1 = 0,35-0,4$;

ν – кинематический коэффициент вязкости воды, см²/с;

η – коэффициент разнозернистости;

n_s – пористость (в долях единицы);

d_{17} – диаметр частиц грунта, в котором 17% массы составляют более мелкие частицы, см.

Никаких требований к заполнителю карманов по крупности и сортированности не предъявляются, так как ткань надежно защищает его от размыва и кольматации.

Расстояние между чередующимися карманами выбирают таким, чтобы фильтрующая ткань обладала достаточным сопротивлением суммарному воздействию сил в приоткосном массиве.

$$L \leq \frac{2R_p \eta_y}{\gamma_c \delta K_3}$$

где: η_y – критическая устойчивость русла (0,3);

γ_c – удельный вес грунта Н/м³;

δ – толщина дренирующей пригрузки, м,

K_3 – коэффициент запаса (1,1...1,2).

По условиям деформаций между карманами смежных участков не следует принимать $L > 1,0$ м.

Ширину пригрузочных карманов l_k назначают из условия необходимой массы пригрузки по формуле

$$l_k > \frac{L}{\frac{a}{\delta} - 1}$$

где: a – толщина кармана.

Толщину пригрузки в карманах с непрерывным размещением принимают равной δ .

При известных параметрах L_k и l_k и ширине полосы крепления $B = h_k / \sin \alpha$ – масса кармана Q_k составит [1]:

$$Q_k = \rho_c a l_k B, \text{ или } Q_k = PB(L + l_k).$$

Таким образом, традиционные методы крепления откосов в ряде случаев остаются, безусловно, актуальными и на сегодняшний день. Однако с применением современных синтетических материалов, и в частности геотекстиля, расширяются возможности решения проблемы разрушения откосов мелиоративных каналов. Освоение выпуска геотекстиля в Республике Беларусь позволяет заменить традиционные дорогостоящие облицовки откосов каналов, а при должном уровне проведения проектных и монтажных работ сэкономить эксплуатирующим организациям значительную часть их собственного бюджета.

Список использованных источников

1. Михневич, Э. И. Устойчивость русел открытых водотоков / Э. И. Михневич. – Минск: Ураджай, 1988. – 240 с.
2. Павлич М.П. Способы определения несущих гранулометрических составов грунта // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. – 1961. Т 68. – с. 197-202.
3. Укрепления откосов // Компания “М-Б-Н” [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ganreal.ru/index.php-route=product-product%26path=37_41%26product_id=174.php – Дата доступа: 16.05.2013.

4. Укрепление откосов и склонов с помощью георешетки // Царский двор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tsardvor.com/ukreplenie-sklonov-s-pomoshchyu-georeshetki> – Дата доступа: 13.06.2016.
5. Способы укрепления откосов // Аванстрой [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.avnstroy.ru/articles/article14/> – Дата доступа: 18.07.2012.
6. Строительство и обслуживание каналов // Компания Гидрострой [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fls-gidrostroy.ru/?stroitelstvo-vodoemov/stroitelstvo-i-obslyuzhivanie-vodnyh-kanalov> – Дата доступа: 22.05.2018.

References

1. Mikhnevich, E. I. Stability of rusl of open watercourses / E. I. Mikhnevich. - Minsk: Urajay, 1988. - 240 p.
2. Pavchich M. P. Methods of determining newfashioned granulometric composition of the soil // Izvestiya VNIIG im. B. E. Vedenev. - 1961. T 68. - p. 197-202.
3. Strengthening of slopes // Company "M-B-N" [Electronic resource]. – Access mode: http://ganreal.ru/index.php-route=product-product%26path=37_41%26product_id=174.php – date of access: 16.05.2013.
4. Strengthening of slopes and slopes with the help of a geogrid // Tsarsky Dvor [Electronic resource]. - Access mode: <https://tsardvor.com/ukreplenie-sklonov-s-pomoshchyu-georeshetki> -access date: 13.06.2016.
5. Ways to strengthen slopes // Avanstroy [Electronic resource]. - Access mode: <https://www.avnstroy.ru/articles/article14/> - access date: 18.07.2012.
6. Construction and maintenance of channels // Gidrostroy Company [Electronic resource]. - Access mode: <http://www.fls-gidrostroy.ru/?stroitelstvo-vodoemov/stroitelstvo-i-obslyuzhivanie-vodnyh-kanalov> -access date: 22.05.2018.