

Укрепление откосов земляного полотна

Классификация конструкций укрепления откосов и область их применения

Классификация конструкций укрепления откосов

По восприятию временных и постоянных нагрузок конструкции укрепления откосов разделяются на следующие виды:

- защитные (изолирующие), предназначенные для защиты (изоляции) поверхностных слоев откосов от водной, ветровой и температурной эрозии;
- несущие, предназначенные для компенсации сдвигающих усилий в поверхностных слоях грунта откосов при переувлажнении, а также силовых воздействий паводковых и поверхностных вод при подтоплении.

Рекомендуемые типы, подтипы (разновидности подтипов) конструкций укрепления, скомбинированные по видам применяемых для укрепления откосов материалов и технологий, приведены в таблице 1.

Классификация типов, подтипов конструкций укреплений откосов по видам применяемых материалов и технологий

Тип		Подтип		Разновидность подтипа	
Наименование	№	Наименование	№	Наименование	№
1	2	3	4	5	6
Биологический (растительный)	I	Формирование укрепления способом посева семян многолетних трав	I-1	Механизированный посев слою растительного грунта (торфогрунтовой смеси)	I-1-1
				Гидропосев с мульчированием	I-1-2
		Формирование укрепления способом одерновки поверхности	I-2	Одерновка сплошная плашмя с применением штучного (рулонного) дерна	I-2-1
				Одерновка плашмя в клетку (ленту) с посевом трав (без посева трав с заполнением традиционными дорожно-строительными материалами)	I-2-2
		Формирование укрепления способом посадки древесных растений	I-3	Посадка кустарника сплошная	I-3-1
				Лесопосадка	I-3-2
			I-4	Плетневые укрепления	I-4-1
				Укрепление хлыстами	I-4-2
	Укрепление хворостяной выстилкой	I-4-3			

1	2	3	4	5	6
С применением геосинтетических материалов в виде рулонных полотен включая комбинации с биологическим типом укрепления	II	Конструкции с неткаными геотекстильными материалами	II-1	С применением геотекстиля низкой плотности	II-1-1
				С применением геотекстиля средней плотности	II-1-2
		Конструкции с геоматами	II-2	С применением экструдированных геоматов	II-2-1
				С применением экструдированных комбинированных геоматов с армирующим слоем в структуре полотна	II-2-2
				С применением композиционных геоматов с включением каменных заполнителей на битумных вяжущих или полимерных композициях	II-2-3
		Конструкции с биоматами	II-3	С применением биоматов без семян трав	II-3-1
				С применением биоматов с семенами трав в структуре полотна	II-3-2
				С применением комбинированных биоматов без семян трав с армирующим слоем в структуре полотна	II-3-3
				С применением комбинированных биоматов с семенами трав и армирующим слоем в структуре полотна	II-3-4

С применением железобетонных решетчатых конструкции с заполнением решеток традиционными материалами	III	Конструкции с применением сборных железобетонных решеток,	III-1	С заполнением ячеек растительным грунтом, торфо-песчаной смесью	III-1-1
				С заполнением ячеек щебнем или камнем, ПГС	III-1-2
				С заполнением ячеек грунтом обработанным вяжущим	III-1-3
				С заполнением ячеек асфальтобетоном, монолитным цементобетоном, в т.ч. тощим и песчаным	III-1-4
		Конструкции с применением сборных гибких железобетонных решеток	III-2	С заполнением ячеек растительным грунтом, торфо-песчаной смесью	III-2-1
				С заполнением ячеек щебнем или камнем, ПГС	III-2-2
				С заполнением ячеек грунтом обработанным вяжущим	III-2-3
				С заполнением ячеек асфальтобетоном, монолитным цементобетоном, в т.ч. тощим и песчаным	III-2-4
С применением геосинтетических материалов в виде ячеистых конструкций	IV	Конструкции с применением геосотовых материалов	IV-1	С заполнением ячеек растительным грунтом (торфо-грунтовой смесью) с посевом трав	IV-1-1
				То же, с гидропосевом трав	IV-1-2
			IV-2	С заполнением ячеек щебнем или камнем	IV-2-1

1	2	3	4	5	6	7
С применением геосинтетических материалов в виде ячеистых конструкций		Конструкции с применением геосотовых материалов	IV-2	То же, с дополнительным укреплением цементным раствором	IV-2-2	10
				С заполнением ячеек щебнем (нижняя часть) и бетонной смесью (верхняя часть)	IV-2-3	
			IV-3	С заполнением грунтом обработанным вяжущим	-	
			IV-4	С заполнением ячеек бетонной смесью	-	
Конструкции со сплошным покрытием из грунтовых материалов	V	Конструкции с применением слоев из грунта	V-1	С применением слоев из грунтов, обработанных вяжущими материалами	-	16.4
			V-2	То же, не обработанных вяжущими материалами	-	11.2
		Конструкции с каменными набросками	V-3	С применением наброски из сортированного и несортированного камня	-	11.3
		Конструкции с теплоизолирующими слоям	V-4	Теплоизоляция из природных материалов	V-4-1	16.5
				Теплоизоляция из искусственных материалов	V-4-2	
Габрионные конструкции	VI	Конструкция с применением габрионов матрацно-тюфячного типа	VI-1	Противоэрозионные	-	12; 12.2.2- 12.2.3
			VI-2	Гидроизолирующие	-	12; 12.2.4- 12.2.7
			VI-3	Защитные	-	12; 12.2.8- 12.2.10

Конструкции со сплошным покрытием из бетонов	VII	Конструкции с применением ж/б и бетонных плит	VII-1	Сборные покрытия из ж/б плит с открытыми швами	VII-1-1	13.1 13.3.3
				Сборные покрытия из ж/б плит с омоноличенными швами	VII-1-2	13.1 13.3.3
				Сборные покрытия из бетонных плит	VII-1-3	13.3.6
		VII-2	Монолитные железобетонные покрытия	VII-2-1	13.3.7	
	VII-3	Конструкции с применением гибких железобетонных плит	Гибкие покрытия из железобетонных гибких плит типа ПГ (железобетонное гибкое покрытие ЦНИИС)	VII-3-1	13.3.8	
			Покрытие из универсальных гибких бетонных плит УГЗБМ (ПБЗГУ) (бетонных матов)	VII-3-2		

Назначение типов укреплений

Без расчетов на местную устойчивость назначение конструкций укрепления проводят для откосов сложенных:

- грунтами I группы (малоопасные грунтовые условия) при условии соблюдения требований действующих нормативных документов;
- грунтами II группы (опасные грунтовые условия) с применением дополнительных технологических мероприятий (ограничение сроков разработки выемок, недопущение разрыва во времени между сроками сооружения откоса и его укреплением, увеличение нормы высева и повышение требований к составу и качеству семян и т.д.).

В зависимости от группы грунтов по степени опасности возникновения нарушений местной устойчивости назначение конструкции укрепления по результатам расчетов на местную устойчивость проводят в следующих случаях:

- а) для откосов из грунтов III и IV групп (особоопасные грунтовые условия) при возможности оползания или оплыва поверхностного слоя под влиянием погодных условий;

б) при опасности возникновения механической суффозии грунта откоса для неподтопляемых откосов выемок, сложенных грунтами III группы в случае выходов водоносных горизонтов на откос;

в) для подтопляемых откосов при силовом воздействии волновых нагрузок при возможности возникновения подмывов подошвы откоса или размывов у подошвы откоса;

г) для неподтопляемых откосов (из грунтов всех групп) при вероятности возникновения эрозионных деформаций размывов от продольных течений воды по откосу, вдоль подошвы откоса (атмосферные, поверхностные паводковые воды при времени их воздействия на откос менее 20 суток) в случаях:

1) высоких откосов (более 12 м), откосов повышенной крутизны при проектном заложении уклона более требуемого по таблицам 7.4, 7.5 СП 34.13330-2012;

2) при длительном сроке или невозможности проведения укрепительных работ.

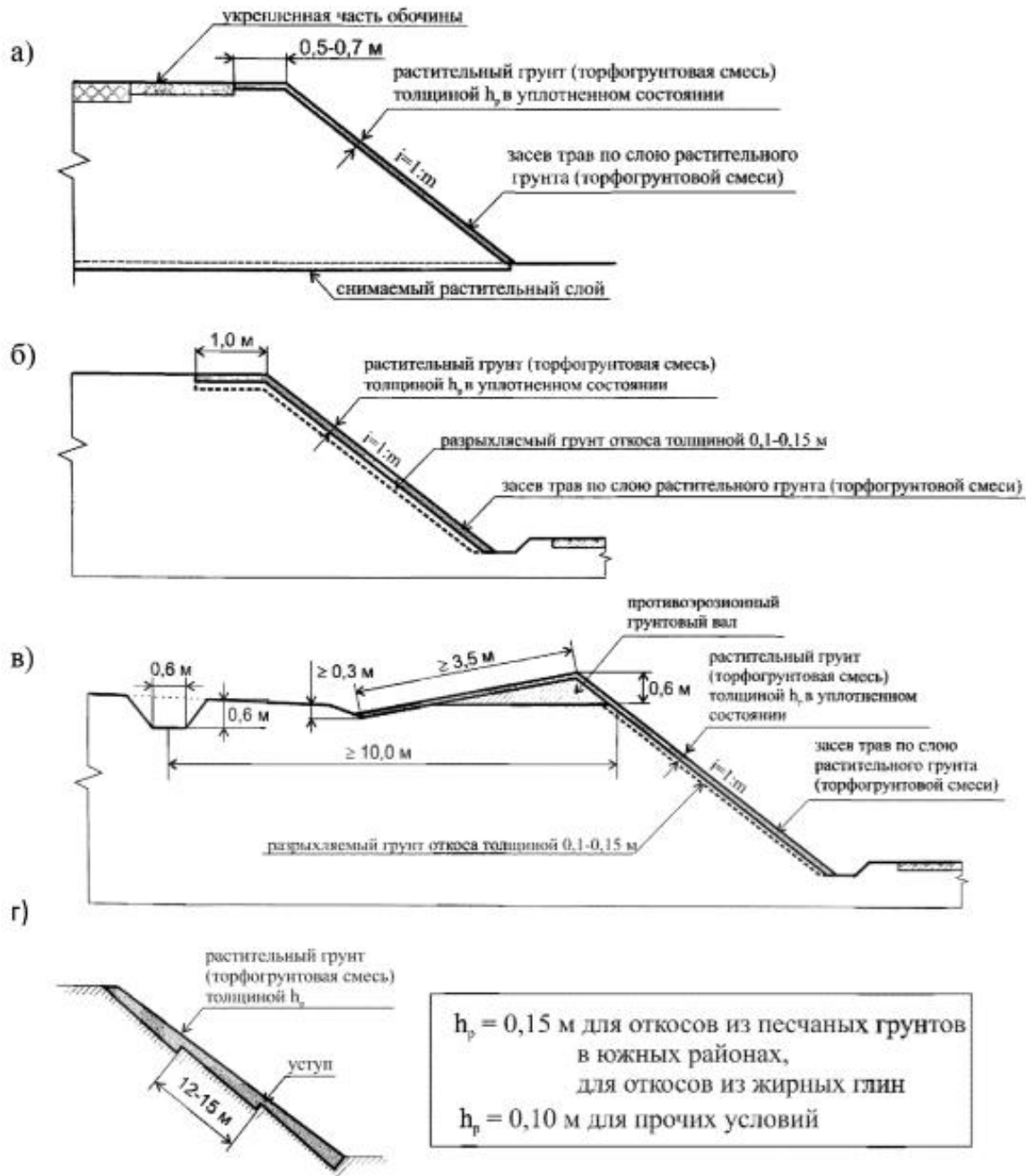
б) при опасности возникновения механической суффозии грунта откоса для неподтопляемых откосов выемок, сложенных грунтами III группы в случае выходов водоносных горизонтов на откос;

в) для подтопляемых откосов при силовом воздействии волновых нагрузок при возможности возникновения подмывов подошвы откоса или размывов у подошвы откоса;

г) для неподтопляемых откосов (из грунтов всех групп) при вероятности возникновения эрозионных деформаций размывов от продольных течений воды по откосу, вдоль подошвы откоса (атмосферные, поверхностные паводковые воды при времени их воздействия на откос менее 20 суток) в случаях:

1) высоких откосов (более 12 м), откосов повышенной крутизны при проектном заложении уклона более требуемого по таблицам 7.4, 7.5 СП 34.13330-2012;

2) при длительном сроке или невозможности проведения укрепительных работ.



Защитная конструкция укрепления откосов биологического типа (подтип 1-1) выполненная методами механизированного посева трав по слою растительного грунта или торфопесчаной смеси: в насыпи (а); в выемке (б); в выемке с устройством противоэрозионного вала (банкета) и забанкетной канавы (в); с нарезкой уступов в грунте откоса при длине откоса более 12 м

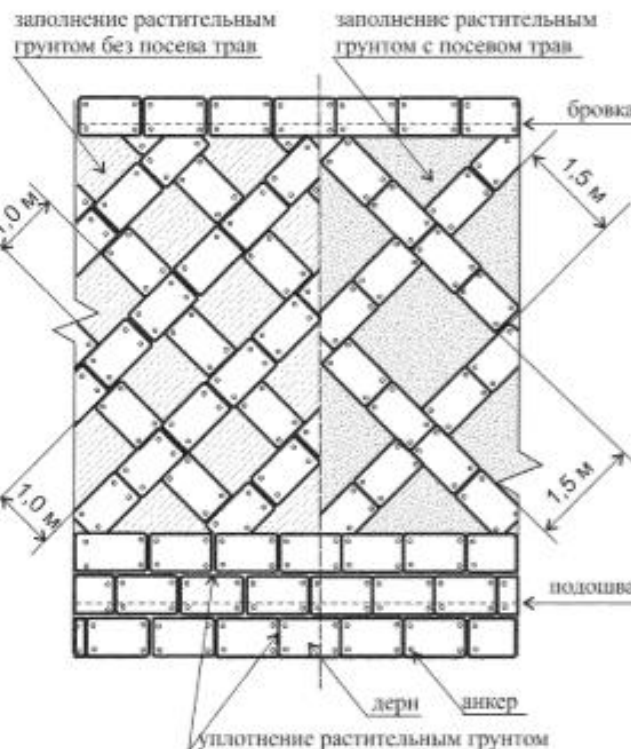


Защитная конструкция укрепления откосов биологического типа (подтип 1-2), выполненная методом сплошной одерновки плашмя: конструкция укрепления откоса (а); схема раскладки и крепления штучного дерна на откосе в плане (б); схема раскладки и крепления ленточного (рулонного) дерна на откосе в плане (в)

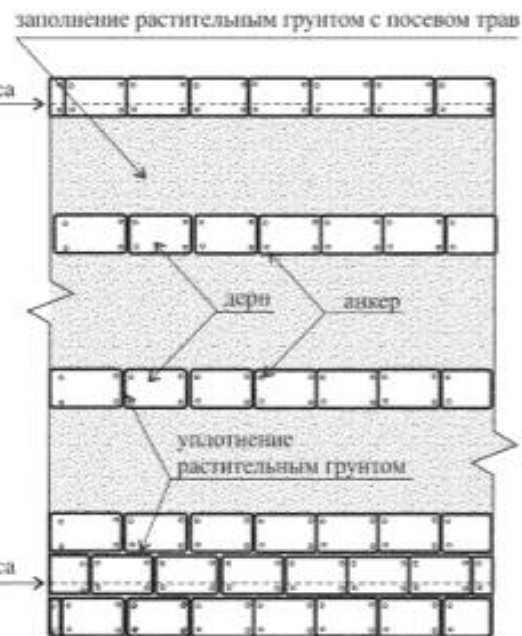
а)



б)

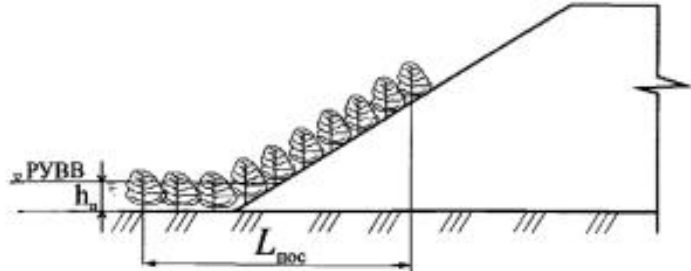


в)

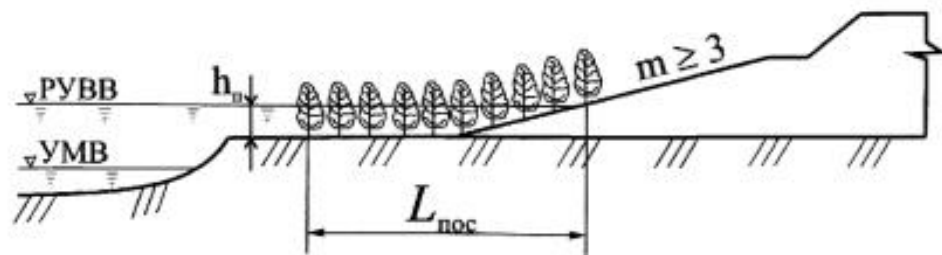


Защитная конструкция укрепления откосов биологического типа подтип 1-3), выполненная методом одерновки в клетку (ленту): конструкция укрепления откоса (а); схема раскладки дерна на откосе в плане при одерновке в клетку (б); схема раскладки и крепления дерна на откосе в плане при одерновке в ленту (в)

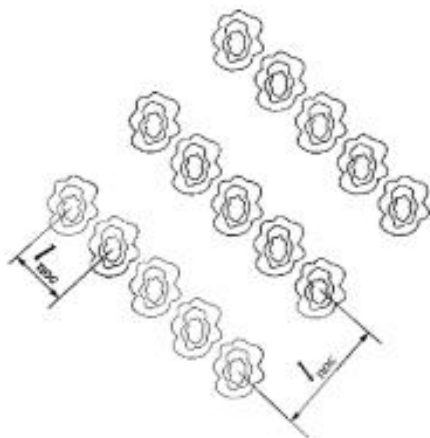
а)



б)



в)



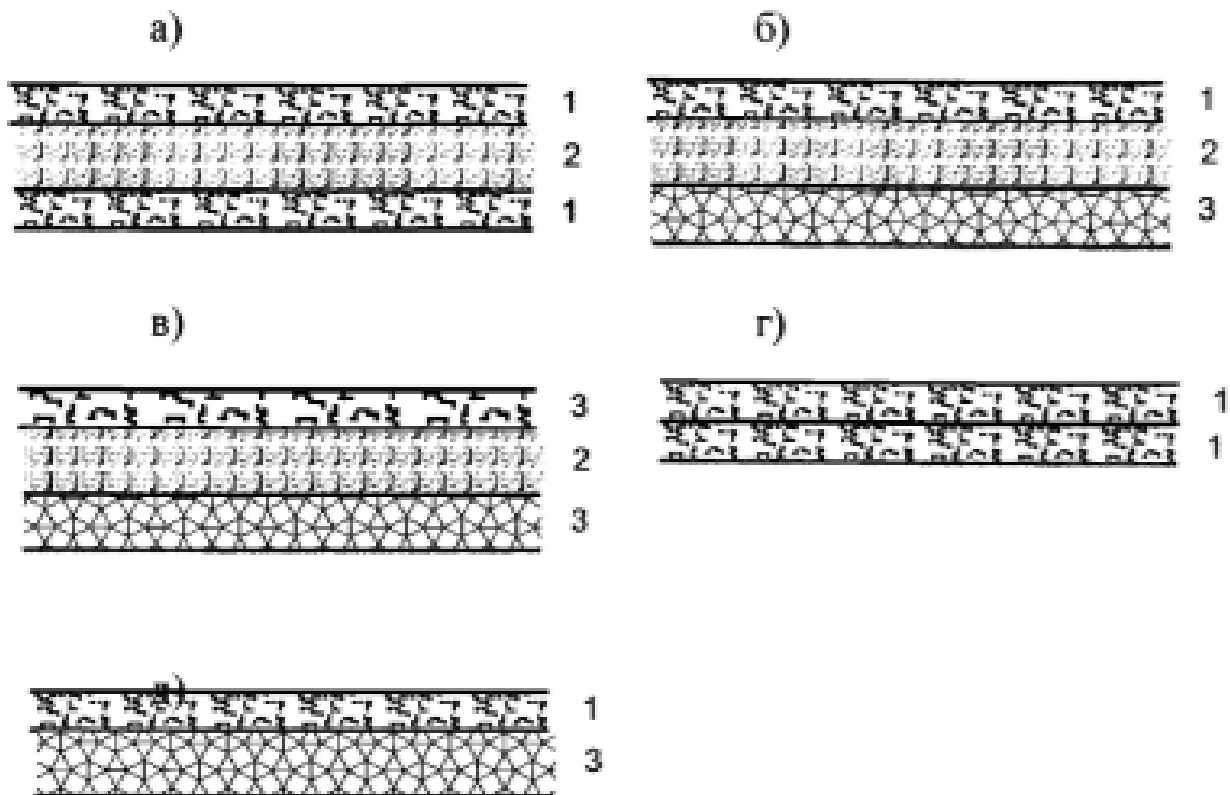
Защитная конструкция укрепления откосов биологического типа выполненная методом сплошной посадки:

общая схема расположения посадки на откосе при отсутствии меженных вод (а); - при наличии меженных вод (б),

расположение рядов посадок в плане (в)

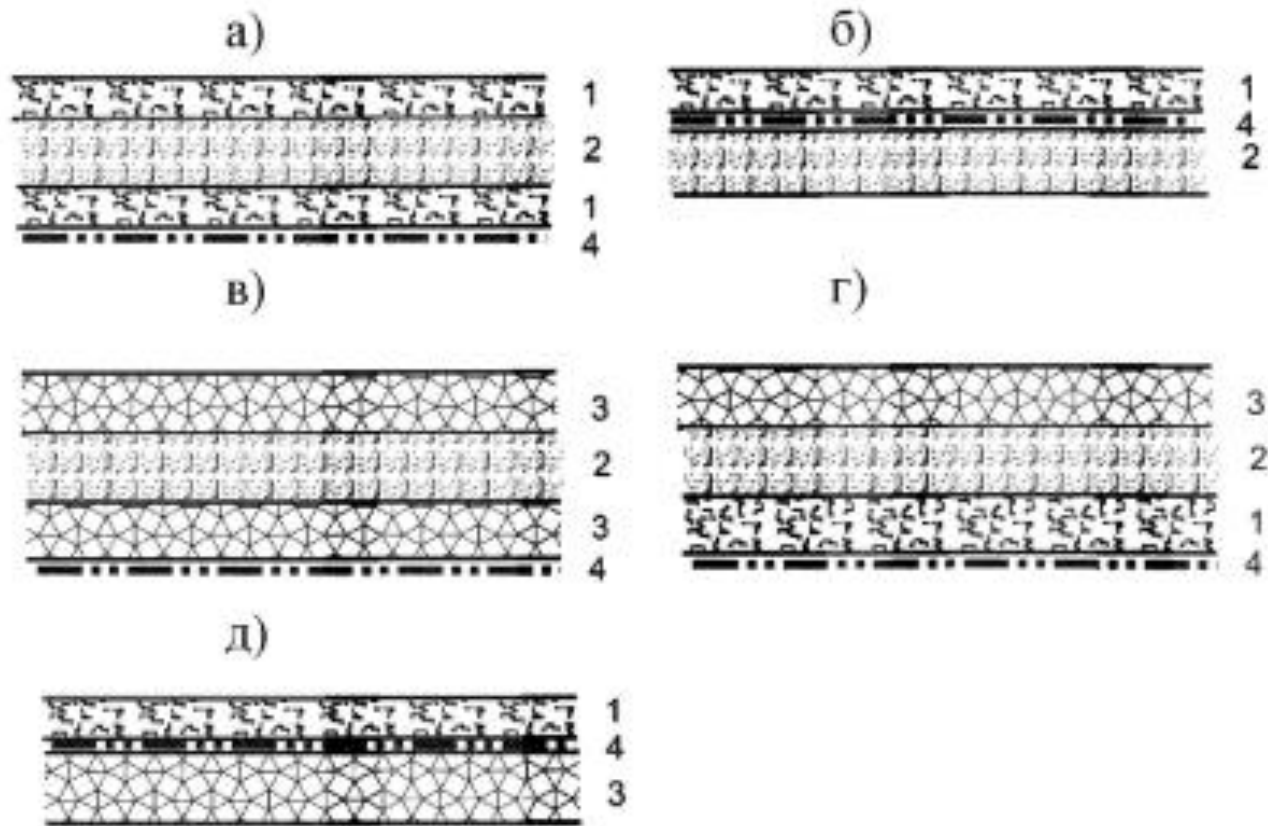
$PUBB$ – расчетный уровень высоких вод; $УМВ$ – уровень меженных вод; h_n - глубина затопления поймы; L_{pos} – ширина проектируемой полосы деревьев или кустарников в направлении волноопасных румбов, определяемых по карте района строительства; m – заложение откосов; l_{pos} – шаг посадки (расстояние между кустарниками в ряду равно 0,4 м при одиночной посадке и 0,5 м при гнездовой и между рядами равно 0,8 м, для деревьев – шаг посадки определяется породой дерева);

Основных типов геосинтетических материалов, применяемых в комбинированных конструкциях укрепления откосов



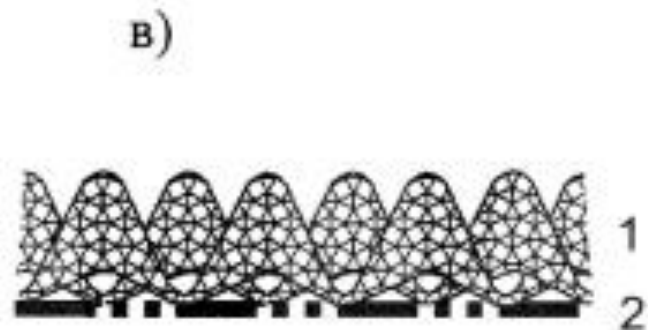
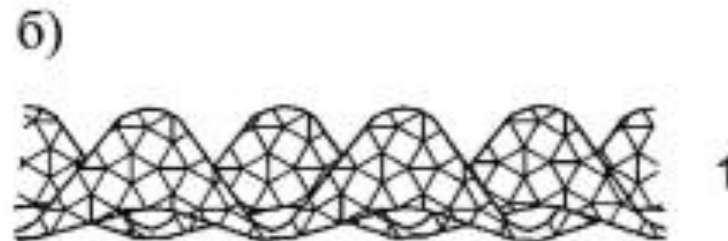
1 – биоразлагаемый слой, 2 – семена растений, 3 – синтетический слой

Структура биоматов с семенами трав



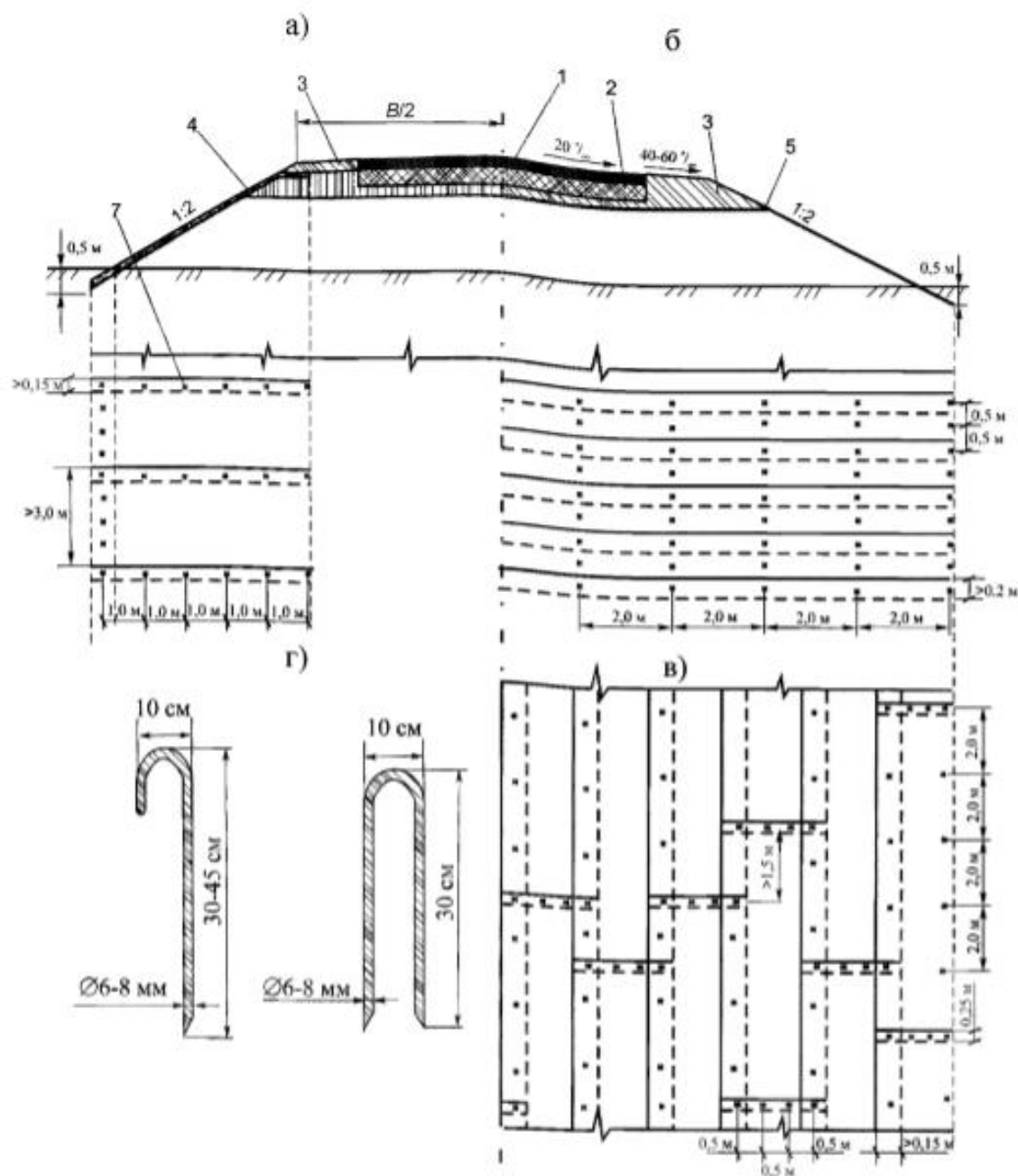
1 – биоразлагающийся слой; 2 – семена; 3 – синтетический слой; 4 – армирующий синтетический слой (геосетка, георешетка, геоткань)

Структура биоматов комбинированных с семенами трав



1 – геомат; 2 – армирующий слой; 3 – каменный наполнитель

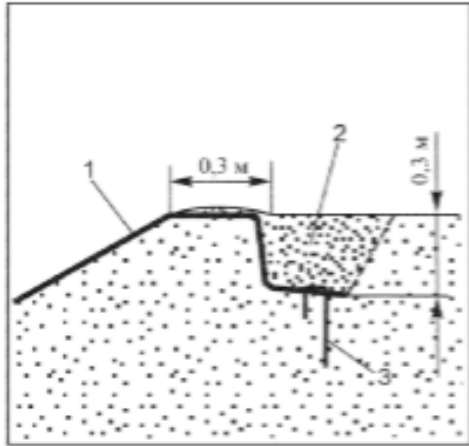
Структура геоматов: геомат экструдированный ГМТК (а, б); геомат комбинированный с дополнительным армирующим или дренирующим слоем (в); геомат композиционный с включением каменных материалов и вяжущих (г)



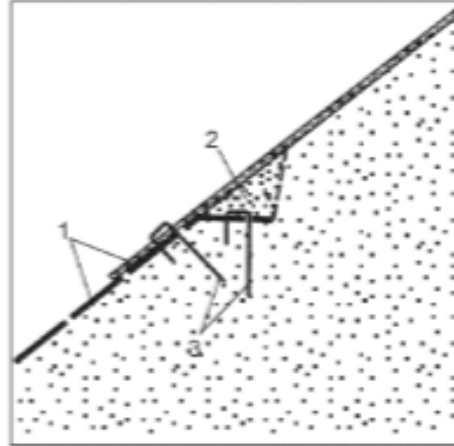
Типовые схемы анкерного закрепления геополотен: поперечное закрепление геомата (а), поперечное (б) и продольное (в) закрепление нетканого геотекстильного материала и конструкция анкеров (г)

1 – покрытие; 2 – основание дорожной одежды; 3 –укрепление обочины; 4 – геомат; 5 – нетканый геотекстильный материал; 6 – анкеры

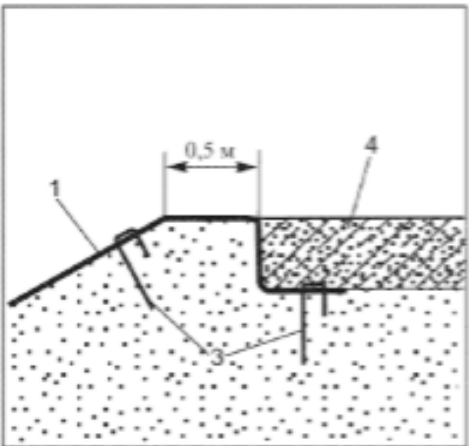
а)



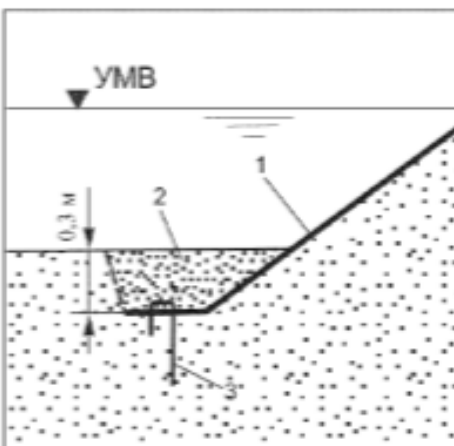
б)



в)



г)

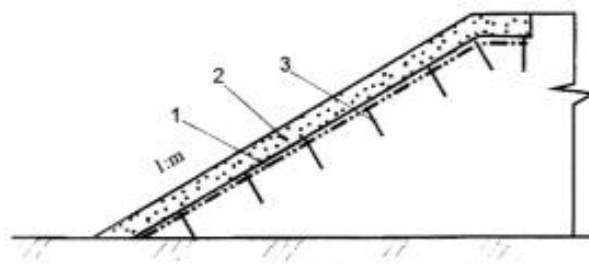


Схемы дополнительного
крепления геополотен:
анкеровка в
верхней канавке у бровки
выемки (а); узел
крепления и стыковки
разных

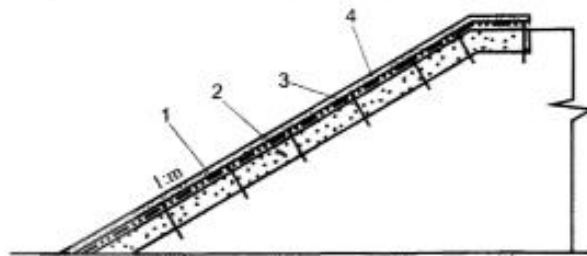
типов геополотен на откосе
(б); анкеровка в
пределах обочины (в);
анкеровка
ниже уровня воды (г)

1 – геополотно; 2 – грунт, ПГС и др.; 3 – анкера; 4 – укрепление обочины

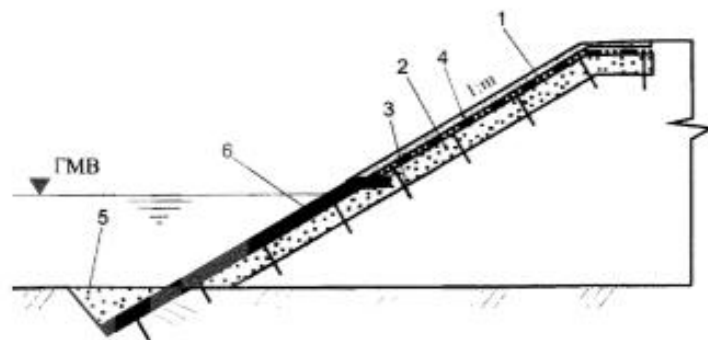
а)



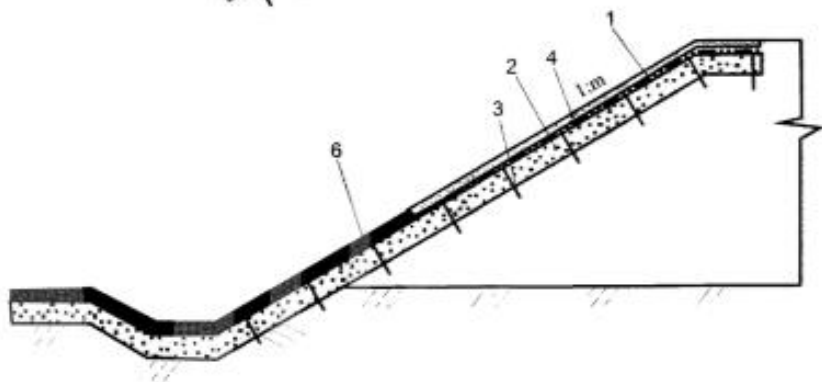
б)



в)



г)



Основные варианты конструктивных решений укрепления откосов с применением геополотен: при создании растительного слоя над геополотном (а), под геополотном (б), комбинированием различных видов геополотен (в), одновременным укреплением откосов и кюветов (г)

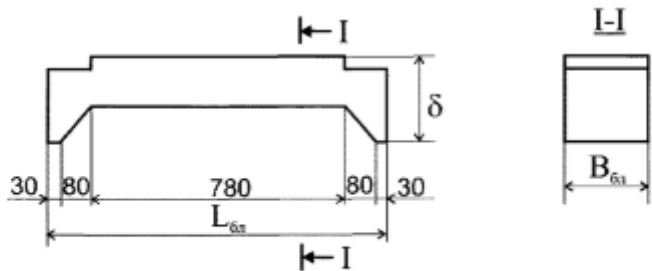
1 – геополотно, 2 – растительный грунт, 3 – анкер, 4 – замыкающий слой (3-5 см)

над геополотнами из растительного грунта, мульчирующего материала; 5 – засыпка; 6 –

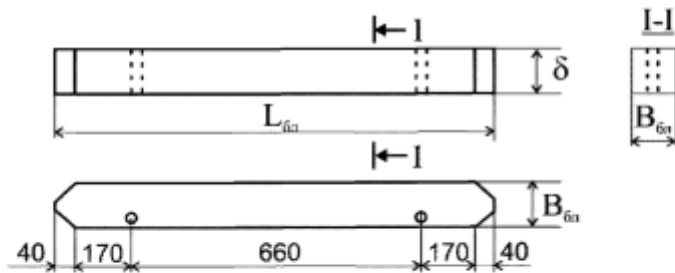
геомат ГМТ-Ком

Решетчатые бетонные конструкции с заполнением ячеек традиционными материалами (ТИП III)

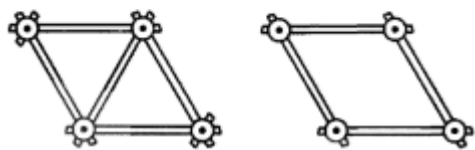
1)



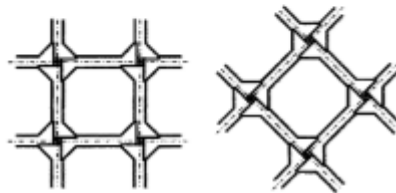
2)



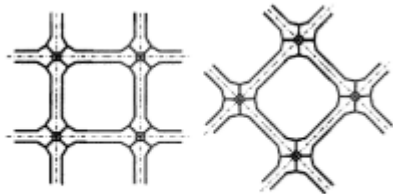
3)



4)



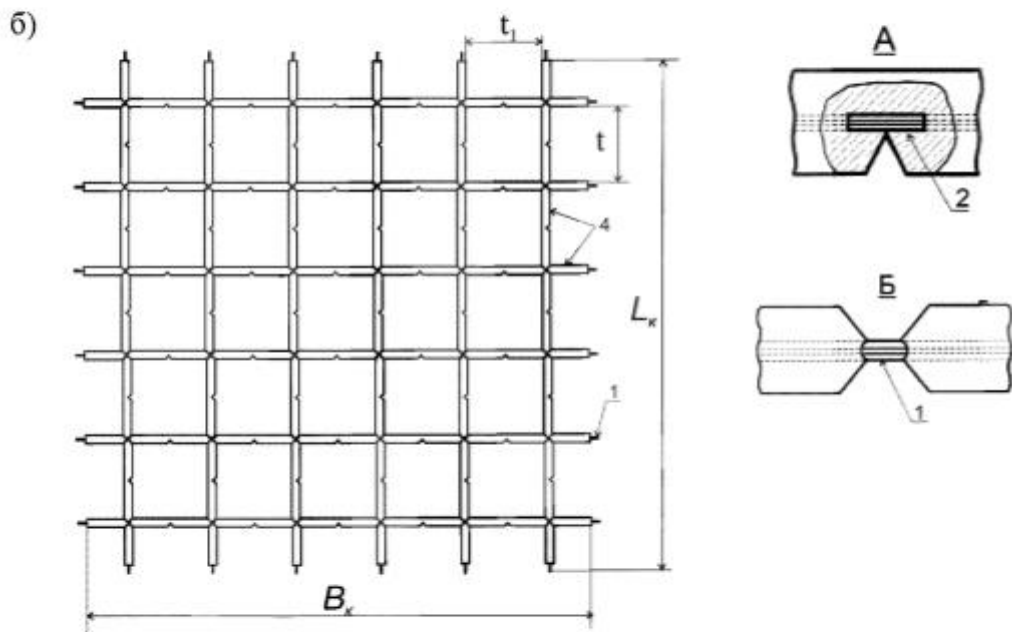
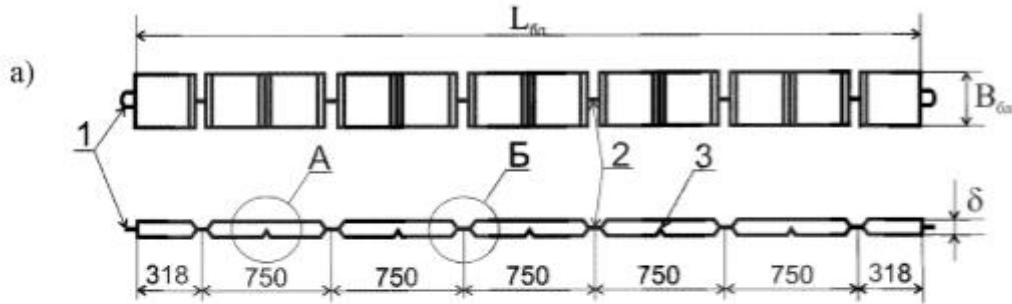
5)



Общий вид и типовые схемы соединения элементов решетчатых конструкций: общий вид унифицированного железобетонного элемента типа РК-1 (1); общий вид унифицированного железобетонного элемента типа РК-2 (2); треугольная и ромбическая схема с жестким замковым соединением - (3); прямоугольная и ромбическая схема с жестким замковым соединением элементов типа РК-2 - (4); прямоугольная и ромбическая схема с гибким замковым соединением при помощи арматурных петель элементов типа РК-1 (5)

$L_{об}$, $B_{об}$, δ – соответственно длина, ширина, высота унифицированного железобетонного элемента типа РК

Гибкое решетчатое железобетонное покрытие для укрепления откосов



Покрyтия гибких решетчатых конструкций выполнены из железобетонных гирлянд, пересекающихся по взаимно перпендикулярным осям. Гибкость гирлянды достигается членением бетона гирлянд на мелкие элементы.

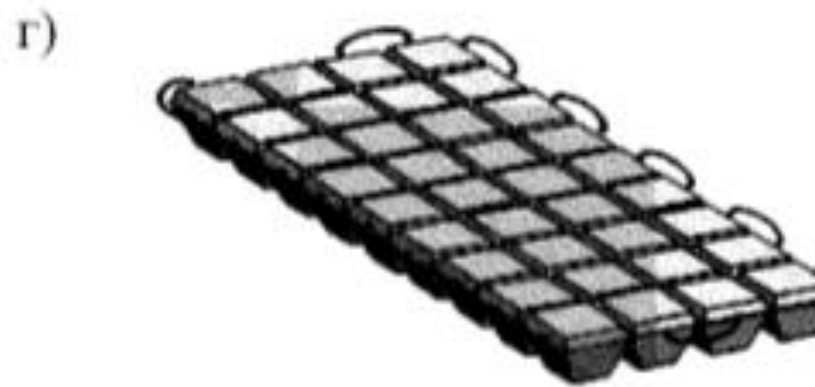
Основные элементы гибкого решетчатого покрытия: гибкая железобетонная гирлянда (а); карта гибкого решетчатого покрытия в сборе (б)

1 – петли для стыкования; 2 – полиэтиленовая оболочка; 3 – пазы линейных шарниров;

4 – гибкая гирлянда; B_k, L_k – длина карты покрытия соответственно по длине откоса перпендикулярно урезу воды, по подошве откоса параллельно урезу воды, м;

t, t_1 – расстояние в свету между элементами соответственно перпендикулярно урезу воды, параллельно урезу воды, м; δ – высота гирлянды, см

Гибкое решетчатое железобетонное покрытие для укрепления откосов

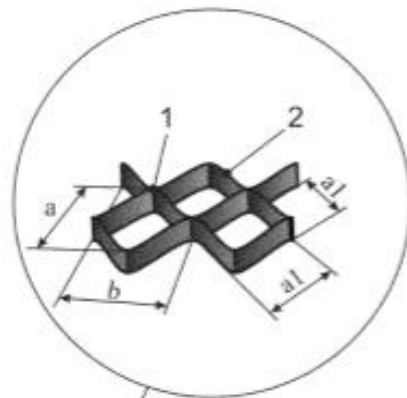


Общий вид бетонных матов УГЗБМ различных модификаций

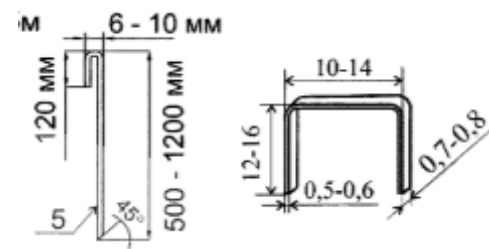
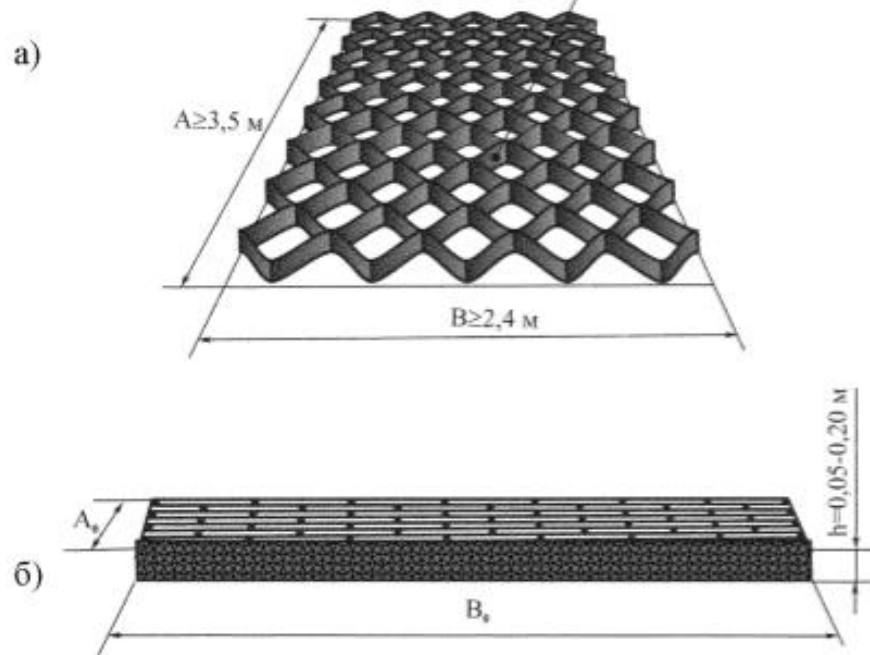
Конструкции на основе геосотовых материалов с заполнением ячеек традиционными материалами (ТИП VI)

Типовая конструкция укрепления откосов насыпей, выемок (тип VI по таблице 1) представляет собой сплошное гибкое покрытие из геосотового материала, расположенного на откосе, повторяющего рельеф поверхности откоса и включающая:

- модули геосотового материала по рисунку 21а, формирующиеся путем растяжения пакетов геосот по рисунку 21б с образованием полимерной геосотовой структуры высотой 50-200 мм;
- материал заполнителя геоячеек (растительный грунт с посевом семян, щебень, грунт, обработанный вяжущим, бетонная смесь, торфо-песчаная смесь);
 - анкеры для обеспечения монтажа модулей и их крепления на поверхности откоса, а также крепления модулей между собой;
 - скобы для крепления смежных модулей;
- разделительную (фильтрующую прослойку из геосинтетических материалов (при необходимости));
- упорную конструкцию (при необходимости).

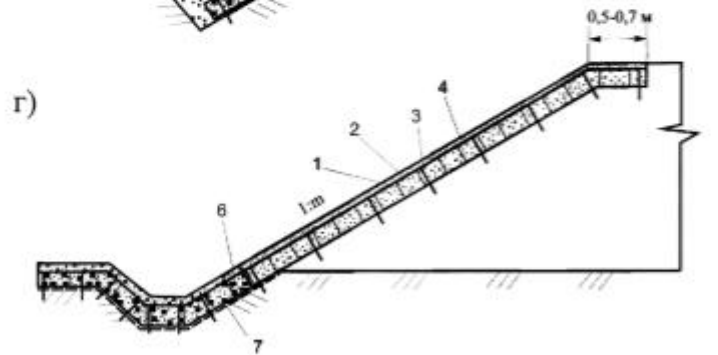
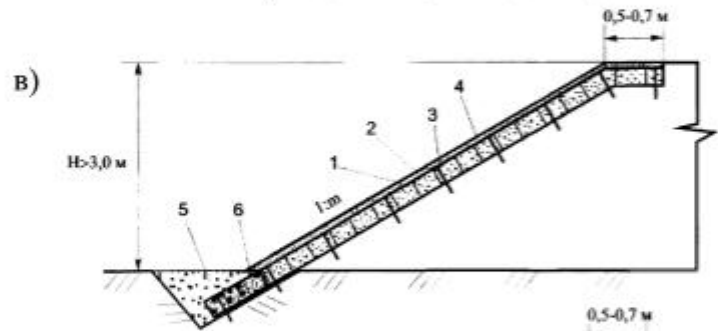
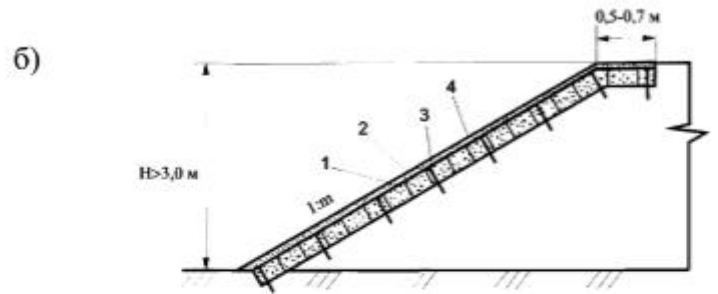
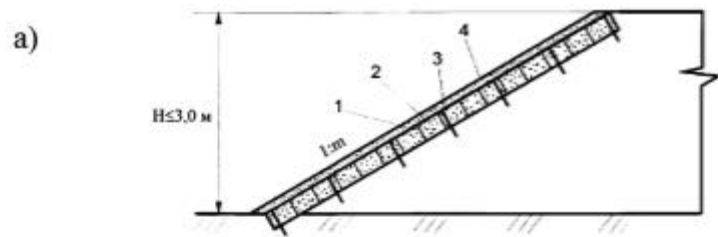


Общая схема геосот в рабочем (растянутом) состоянии (а) и транспортном (сложенном) состоянии (б)



Конструкция анкеров и схема крепок для соединения смежных анкеров (полотен), (размеры в мм)

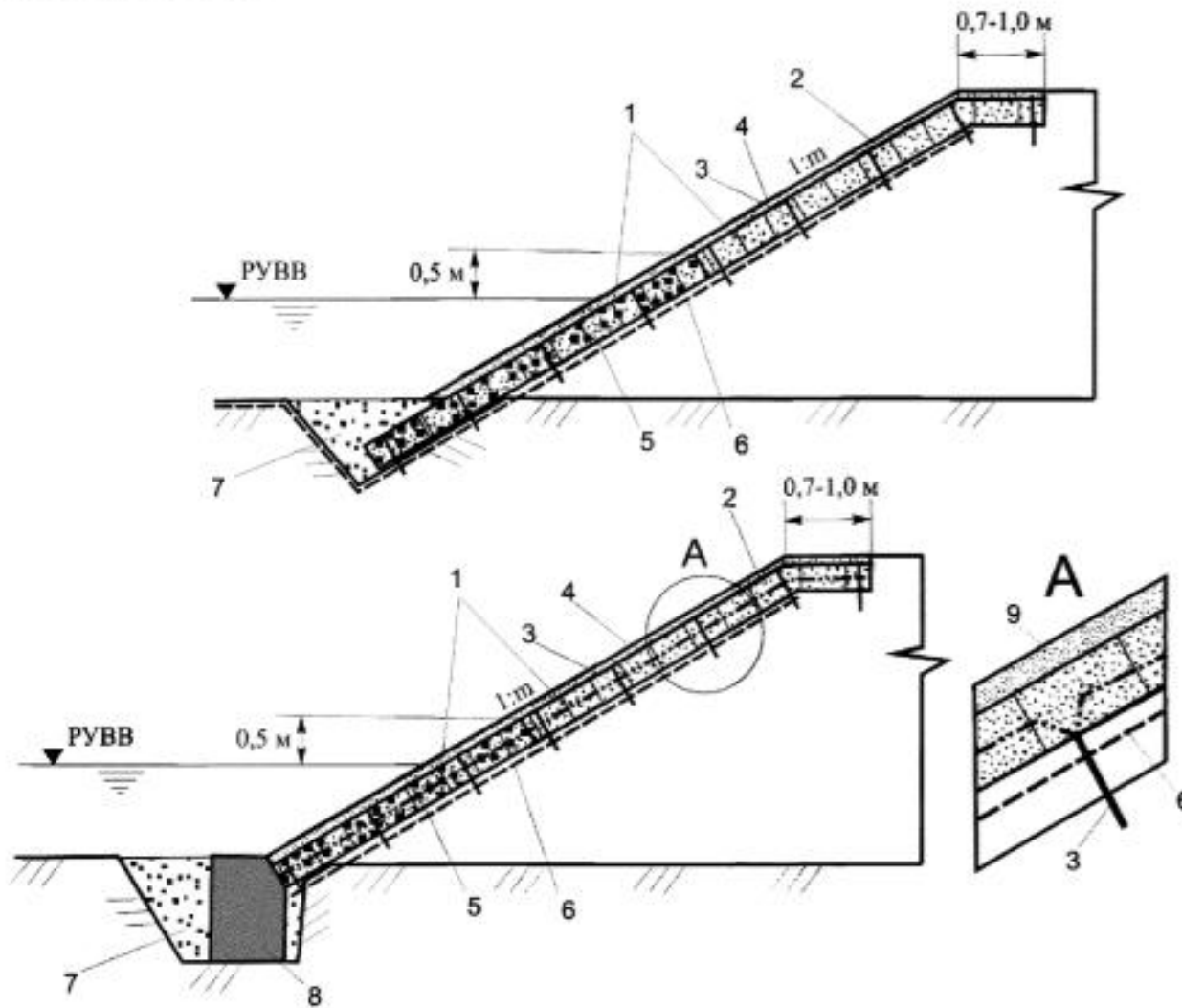
1 – сварные швы; 2 – геополосы; A, B – соответственно, длина и ширина модуля (A – направление растяжения); A₀, B₀ – соответственно, длина и ширина пакета; a, b – соответственно, размер ячейки по диагоналям в направлении длины и ширины; a₁ – размер стороны ячейки; h – высота геосот (ширина геополосы)



Основные варианты
конструктивных решений
укрепления
неподтопляемых откосов с
применением геосот

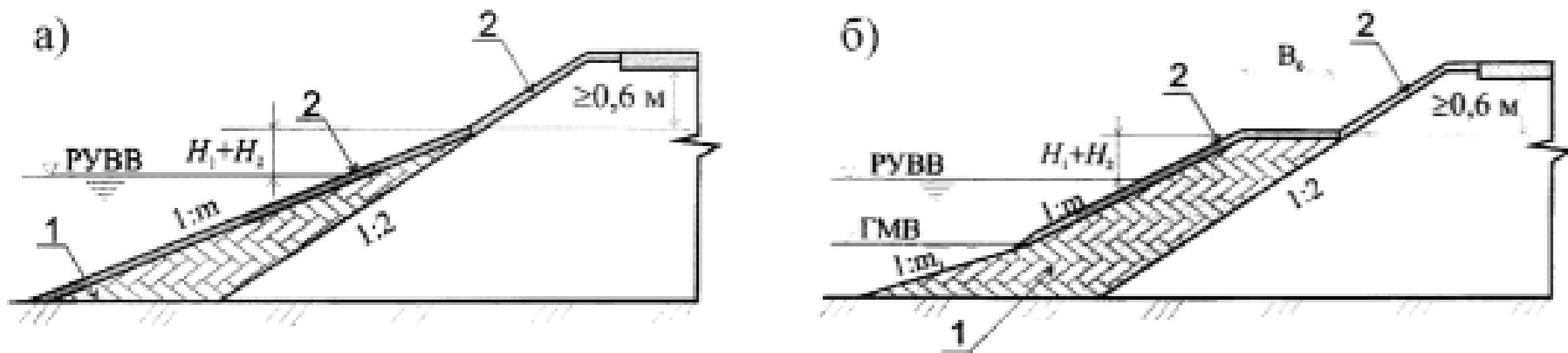
1 – геосоты; 2 – наполнитель геосот (растительный грунт и др.); 3 – анкер; 4 защитный слой (3-5 см) над геосотами из материала наполнителя геосот; 5 – упор (каменная засыпка); 6 – наполнитель геосот при устройстве кювета (укрепленный грунт, бетонная смесь и др.); 7 – прослойка из нетканого геотекстильного материала

Основные варианты
конструктивных
решений укрепления
подтопляемых откосов с
применением геосот



1 – геосоты; 2 – растительный грунт; 3 – анкер; 4 защитный слой (3-5 см) над геосотами из материала заполнителя геосот; 5 – укрепленный грунт, бетон и др.; 6 – защитная прослойка из нетканого геотекстильного материала; 7 – каменная засыпка; 8 – бетонный упор; 9 – трос

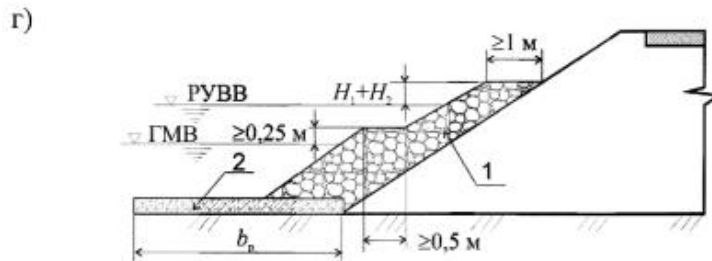
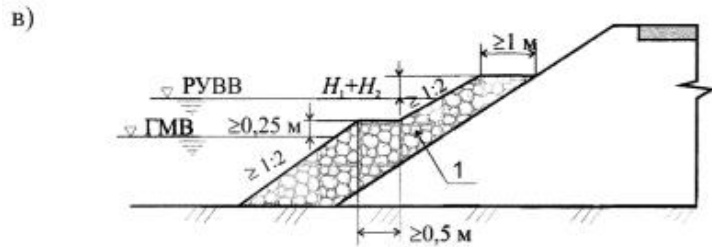
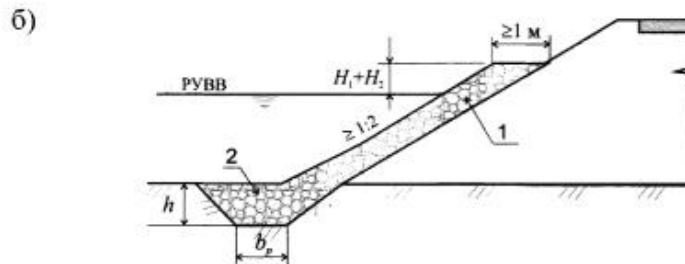
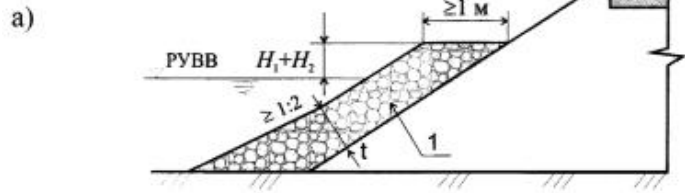
Конструктивные решения с применением грунтовых призм из неукрепленных связных грунтов



H_1 – высота укрепления в зоне запаса; H_2 – высота укрепления в зоне волнового воздействия; m – заложение откоса, динамически устойчивого к волновому воздействию по таблице 28; m_1 – заложение откоса при свободной отсыпке грунта в воду при $m_1=1:2-1:3$; B_6 – ширина бермы по формуле (); РУВВ, ГМВ, H_1 , H_2 – обозначения по рисунку 1; 1 – призма из глинистого грунта, 2- укрепление растительным грунтом с посевом трав

Конструкции укрепления откосов связными грунтами: с присыпной призмой без бермы (а), с присыпной призмой с бермой (б)

Конструктивные решения с применением наброски из каменных материалов



Типы укрепления откосов каменной наброской:
при отсутствии
размывов основания (а, в);
при наличии размывов основания
(б, г);
при отсутствии меженных вод (а, б);
при наличии меженных вод (в, г)

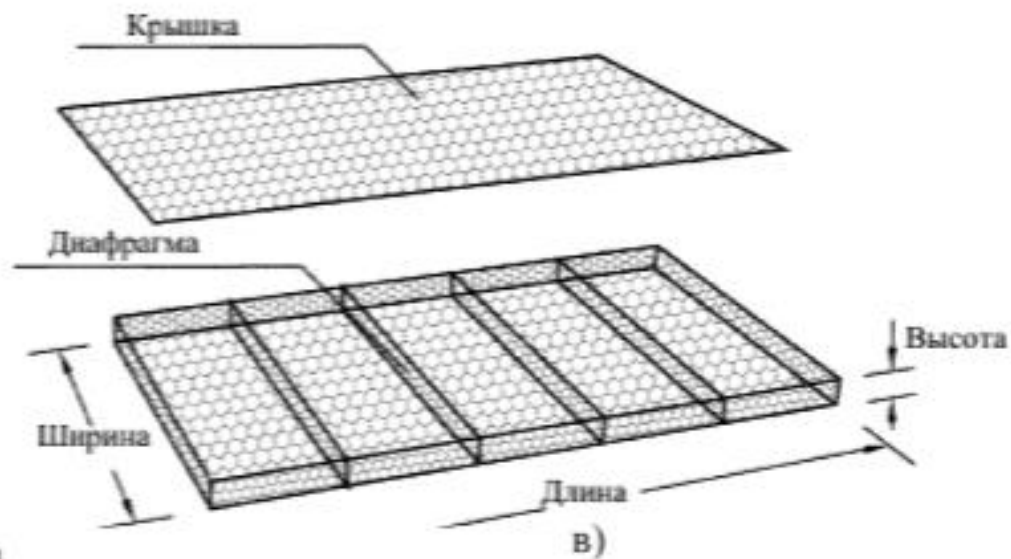
b_p – длина укрепления в зоне размыва; h – высота каменной упорной призмы; 1 – каменная наброска; 2 – укрепление в зоне размыва, выполненной в виде упорной призмы а), в виде фартука г);

Габионные конструкции с применением габионов матрацно-тюфячного типа (ТИП VI)

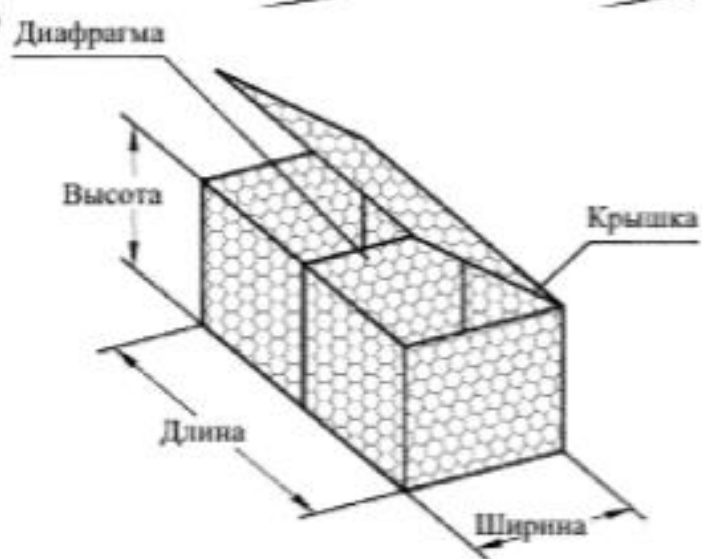
Описания конструкций :

- габионные сетчатые изделия – объемные изделия различной формы из проволочной крученой с шестиугольными ячейками сетки, предназначенные для формирования габионных конструкций, поставляемые с завода в виде спрессованных разверток, собираемых на строительной площадке в объемную конструкцию;
- габион коробчатый - сетчатый контейнер из металлической сетки двойного кручения в форме параллелепипеда, заполняемый каменными материалами;
- габион матрацно-тюфячный - сетчатый контейнер из металлической сетки двойного кручения, с относительно малой высотой по отношению к другим размерам, заполняемый каменными материалами;
- диафрагма - сетчатая перегородка, применяемая для упрочнения габионного сетчатого изделия;
- покрытие сплавом цинка с алюминием – покрытие стальной проволоки сетки сплавом цинка, содержащим 5 % алюминия.

а)



б)



в)

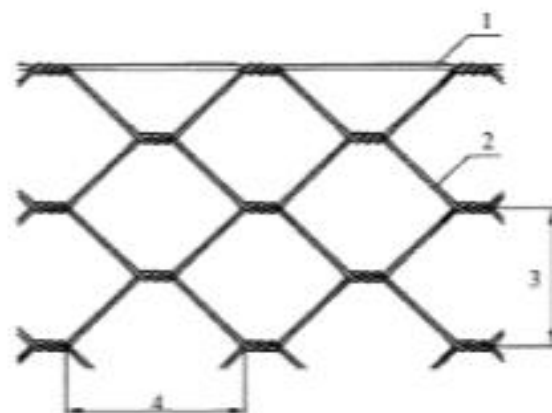
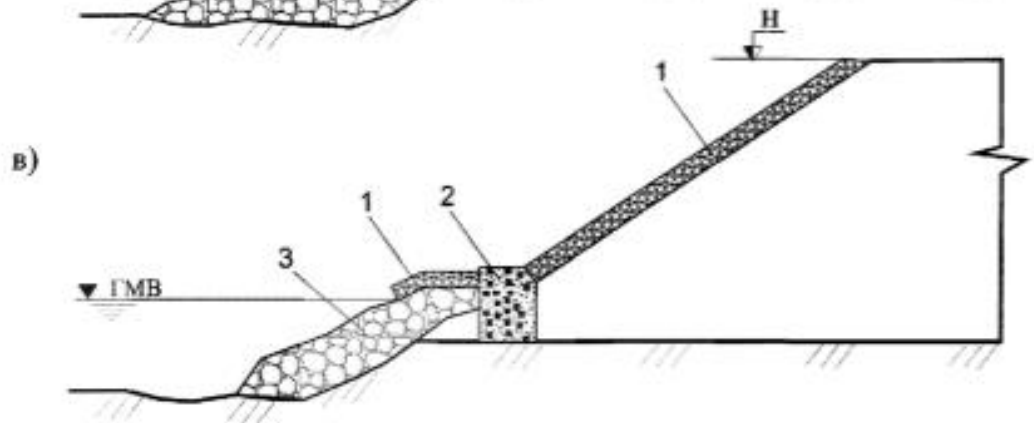
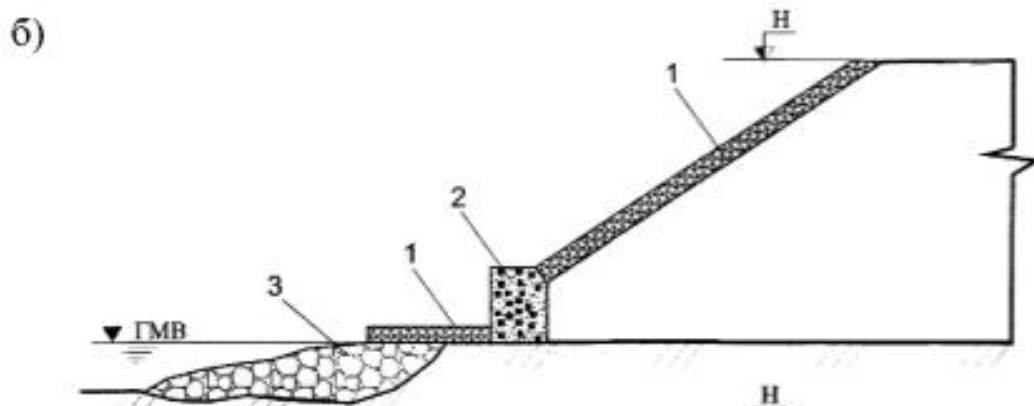
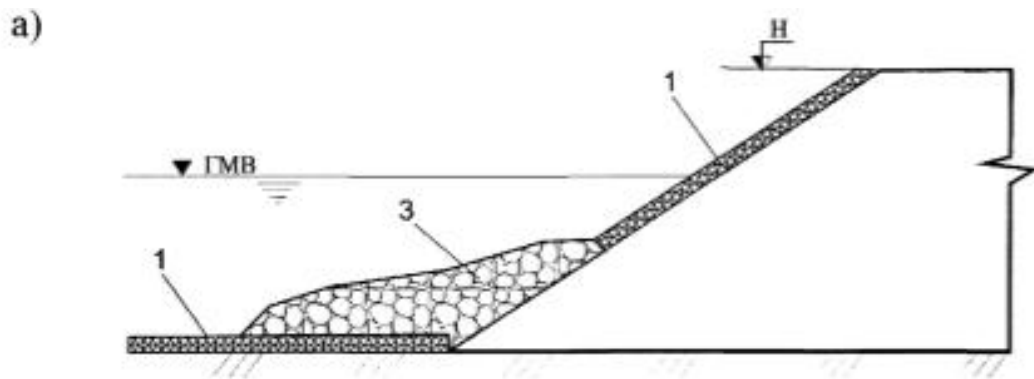


Схема габрионных конструкций:
матрачно-
тюфячных типа
ГСИ-М (а);
коробчатых
типа ГСИ-К (б);
габионной
сетки (в)

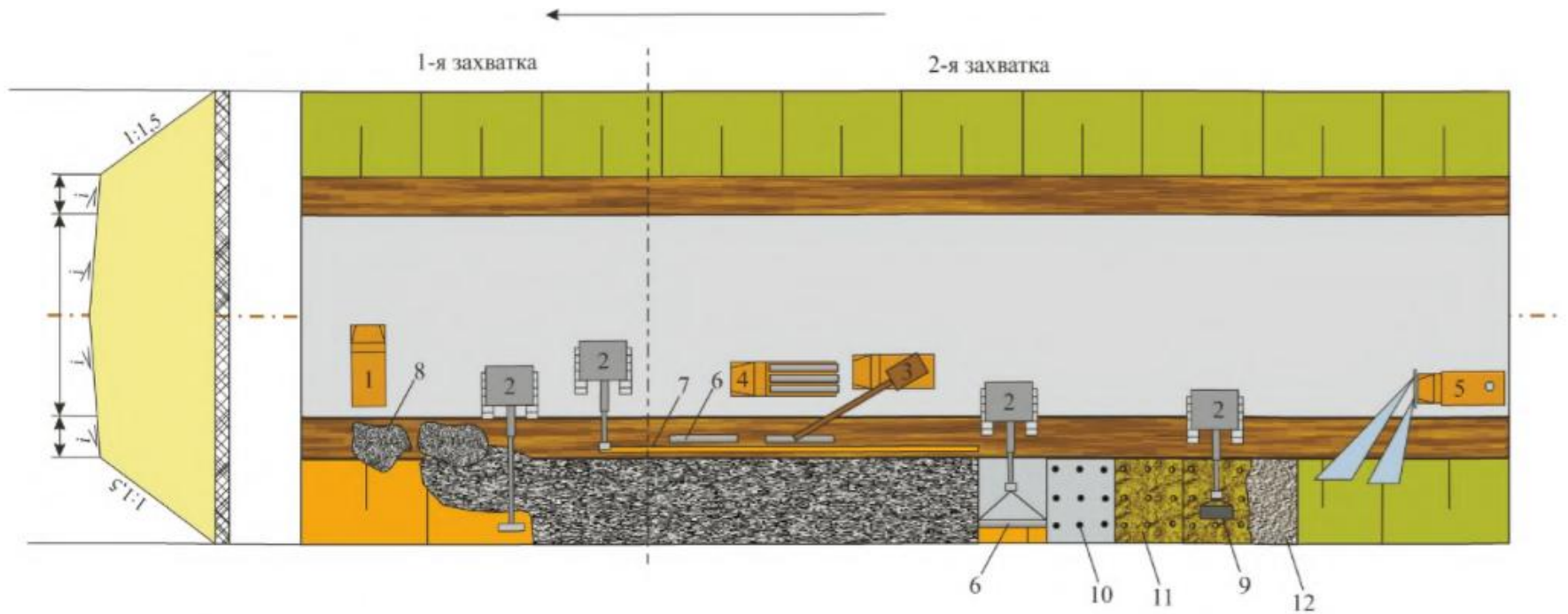
1-крышка; 2-диафрагма; 3-стенки; 4 – проволока кромки; 5 – основная проволока сетки; 6 – размер ячейки (B_1); 7 – диагональ ячейки (B_2); В, L, Н –соответственно, ширина, длина и высота габрионов



Варианты конструктивных решений защитных габионных конструкций (подтип VT-3) на подтопляемых откосах при наличии меженных вод, ветрового воздействия, размывов. С применением комбинированных упорных конструкций с сочетанием; матрацно-тюфячных габионов и каменных призм (а); каменных призм, коробчатых и матрацно-тюфячных габионов (б), (в)

1 – габион матрацно-тюфячный типа ГСИ-М; 2 – габион коробчатый типа ГСИ-К; 3 – каменная наброска; ГМВ – уровень меженных вод; Н – верхняя граница укрепления

Технологическая схема производства работ по укреплению откосов комбинированными конструкциями с применением полотен геосинтетических материалов (стрелкой указано направление потока)



1 – автосамосвал; 2 – одноковшовый экскаватор; 3 – кран на автомобильном ходу; 4 – бортовой автомобиль; 5 – поливочно-моечная машина; 6 – рулон геосинтетического материала; 7 – анкерная канава; 9 – легкий каток; 10 – стальные анкера; 11 – посев семян; 12 – мульчирующий слой; (а), (б) – последовательность проходов экскаватора

1-я захватка – выгрузка растительного грунта на откос; планировка растительного грунта на откосе; устройство анкерной канавы; **2-я захватка** – разгрузка рулонов; укладка полотна с помощью экскаватора (если вес рулона больше 80 кг); крепление полотна; посев семян; прикатка откоса легким катком с помощью экскаватора; планировка и выравнивание по откосу мульчирующего слоя; полив почвы 2 раза