

# **«Железнодорожный путь»**

курс лекций для студентов 3 курса 2

семестра

специальности

«Строительство железных дорог, мостов и  
транспортных тоннелей»

**Лекция 7 Неблагоприятные природные  
факторы. Регулирование поверхностного стока  
и защита земляного полотна от размыва**

# Неблагоприятные природные факторы, воздействующие на земляное полотно

- К основным неблагоприятным природным воздействиям на земляное полотно относят:
  - - воздействие воды;
  - - воздействие температуры;
  - - гравитационные процессы.
- При этом каждое из перечисленных природных воздействий сказывается на надежности земляного полотна и имеет многообразие форм проявления. Задача проектировщика учесть последствия возможных неблагоприятных природных воздействий таким образом, чтобы при принятом сроке эксплуатации обеспечить необходимый уровень надежности.

# Мероприятия по защите земляного полотна от неблагоприятных природных воздействий

## Структура мероприятий

Мелиорация грунта

Регулирование  
поверхностного  
стока

Планировка

Защита от  
размывов,  
волноприбо  
я и  
фильтрации

Водосборно-  
водоотводные  
сооружения

Регулирование  
подземного  
стока

Биологичес-  
кие  
дренажи  
Дренажи  
временного  
дей-  
ствия

Гравитацион-  
ные дренажи

Регулирование  
тепловых  
процессов

Теплозащит-  
ные  
устройст-  
ва и  
покрытия

Охлаждающие  
устройства

Регулирование  
гравитационны  
х  
процессов

Террасиро-  
вание

Поддержива-  
ющие  
соору-  
жения

Удерживающие  
сооружения

# Регулирование поверхностного стока

- Планировка выполняется для защиты земляного полотна от воздействия атмосферных вод.
- Планируют все поверхности непосредственно земляного полотна, полосы отвода, берм, резервов, водоотводных сооружений и других обустройств. Планируется также территория, прилегающая к земляному полотну, ликвидируются западины и местные понижения, бессточные ложбины.
- Поверхностям придаются поперечные и продольные уклоны, обеспечивающие быстрый отток поверхностных вод за пределы земляного полотна. Величины уклонов определяются типовыми и групповыми решениями.
- Мероприятие по планировке является наиболее дешевым, но, являясь необходимым, оно не всегда достаточно и требуются дополнительные мероприятия по защите от размыва и инфильтрации воды в земляное полотно.

# Защита земляного полотна от размыва

- Тип укрепления земляного полотна и вид защиты назначают в зависимости от конкретных условий объекта: топографии, климата, гидрологии и др. Они уменьшают или предотвращают инфильтрацию атмосферных осадков в грунт, защищают земляное полотно от размывов текущей водой или волноприбоя.
- **Укреплению подлежат:**
  - - откосы насыпей, выемок и защитного слоя при всех видах грунтов, кроме скальных слабовыветривающихся и выветривающихся и крупнообломочных;
  - - обочины насыпей при песчаных грунтах, а выемок при песчаных и переувлажненных глинистых грунтах;
  - - бермы, разделительные площадки на откосах насыпей и выемок, регуляционные сооружения, кавальеры, banquetты;
  - - откосы и дно водоотводных канав и кюветов;
  - - поверхности нарушенных при выполнении земляных работ площадей.

# Основные расчетные параметры для проектирования укреплений

- Основными расчетными параметрами при проектировании укреплений являются:
- - скорость течения поверхностной воды;
- - глубина потока;
- - высота волны с заданной обеспеченностью её непревышения;
- - нагрузка от льда.

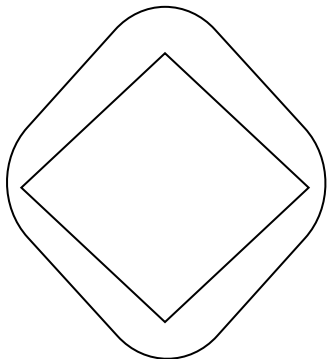
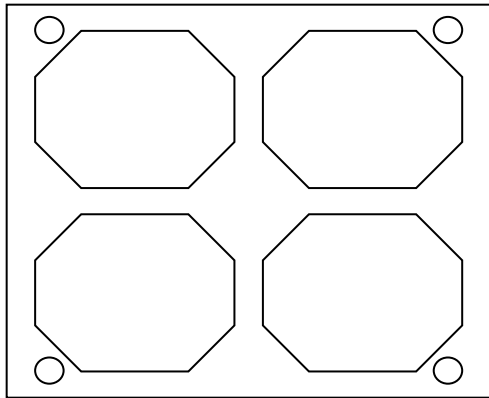
# Типы защитных и укрепительных устройств и сооружений

Материал	Конструкция	Водоток	Скорость течения	Высота волны	Особые условия
Травяной покров	Искусств. дерн	временный	До 1,3 м	До 0,2м	*Г*К
	Засев в обрешетках		До 1,3 м	До 0,2м	-
Каменный материал	Мощение	Без ограничений	2,5-5,0 м	До 1,5м	Руч. труд
	Наброска		1,5-5,0 м	До 1,5м	-
	Габионы		> 5,0м	> 1,5м	Руч. труд
Бетон	Плиты		До 1,5 м	До 0,7м	Откос не круче 1:2
Железобетон	Свободнолежащие плиты		До 3,0 м	До 1,5м	
	Плиты омоноличенные по контуру		До 6,0 м	До 3,0м	
	Монолитные покрытия		До 8,0 м	До 3,0м	
	Фасонные блоки и стены	> 8,0м	> 3,0м	-	

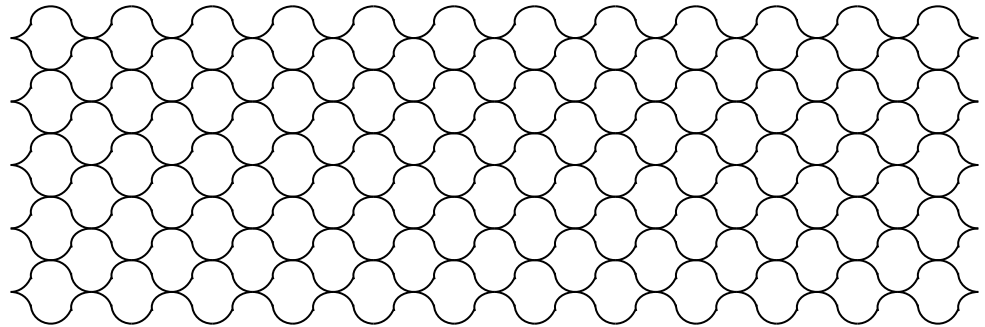
# Обрешетки дерна

- Если откосы сложены переувлажненными пылеватыми грунтами либо есть вероятность смыва семян до образования устойчивого травяного покрова, их посев производится в железобетонных обрешетках, объемных георешетках или в специальных матах.

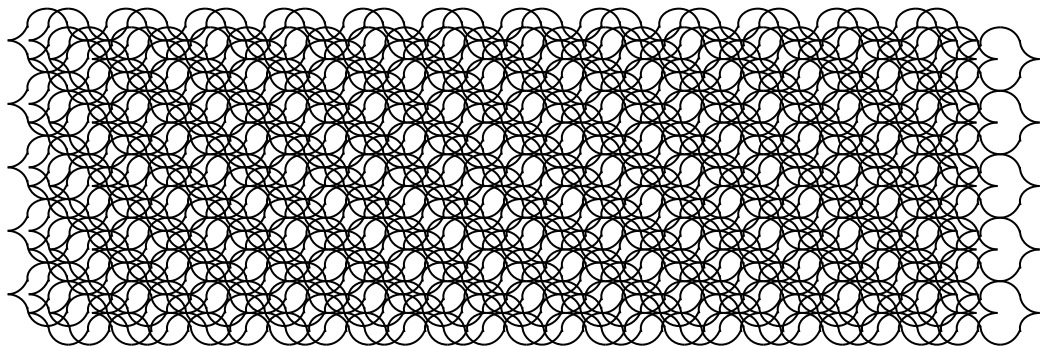
Обрешетки из жб



Объемная георешетка



Мат-путанка



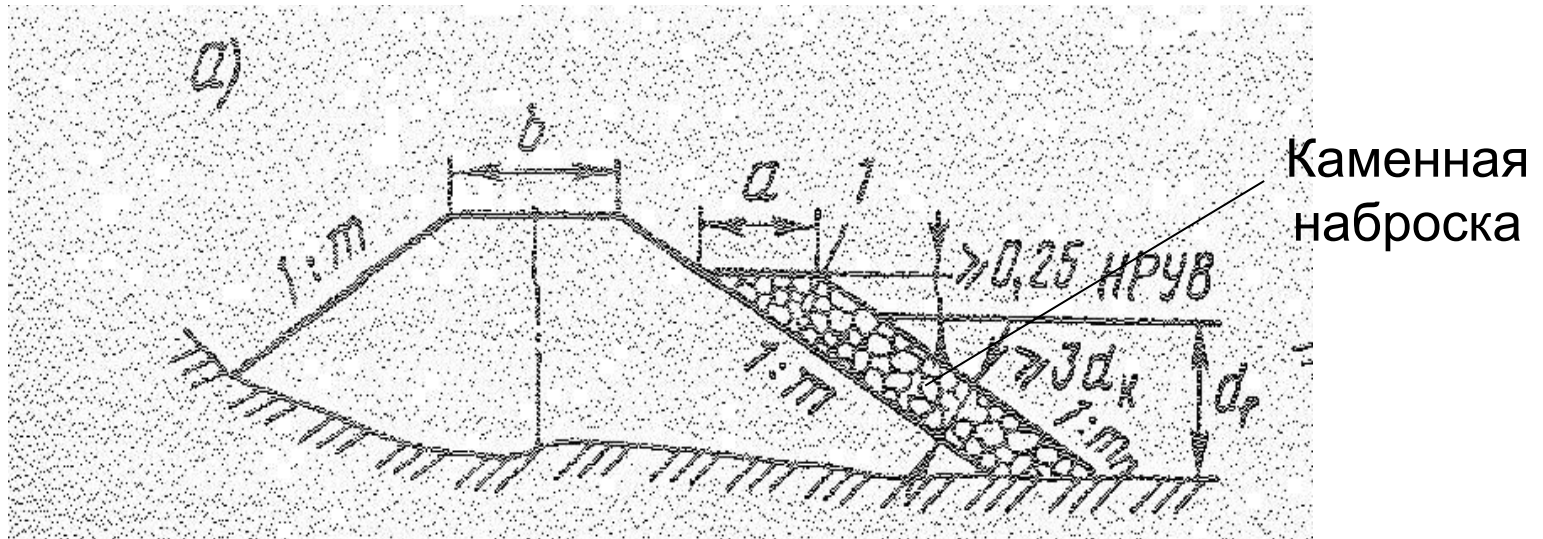


# Укрепление откосов земляного полотна



# Каменные наброски (при постоянном водотоке)

- а) при неразмываемом основании – без упорной призмы
- НРУВ – наивысший расчетный уровень воды;
- $a$  – ширина бермы по верху;  $d_k$  – расчетный размер камня



При размываемом дне у подошвы насыпи устраивают из каменного материала:

- при постоянном водотоке упорные бермы;
- при временном затоплении рисбермы (заполнение камнем вырезки грунта дна).

# Каменные наброски (проектирование)

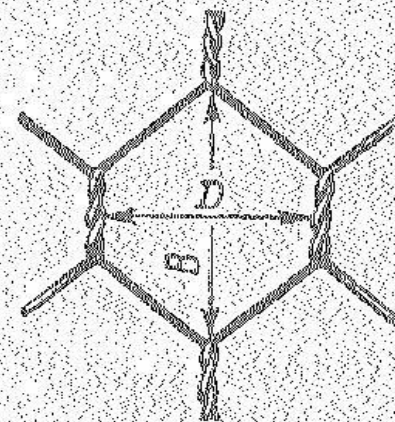
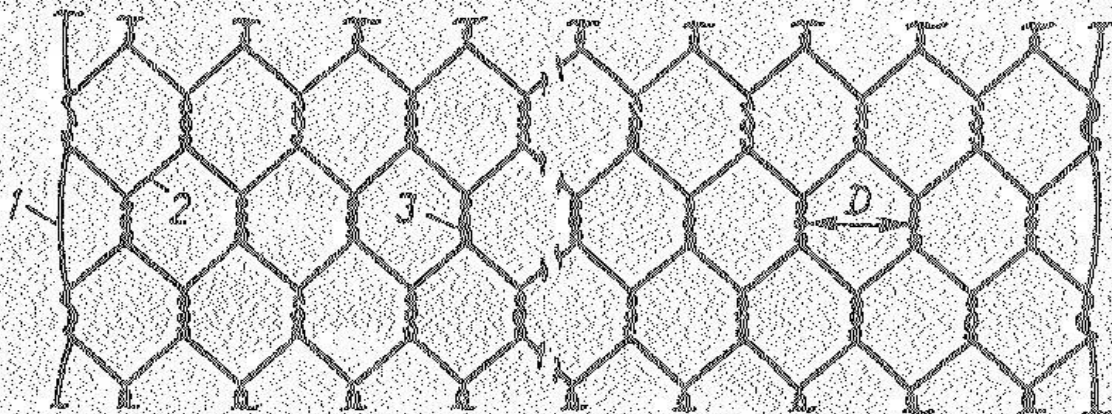
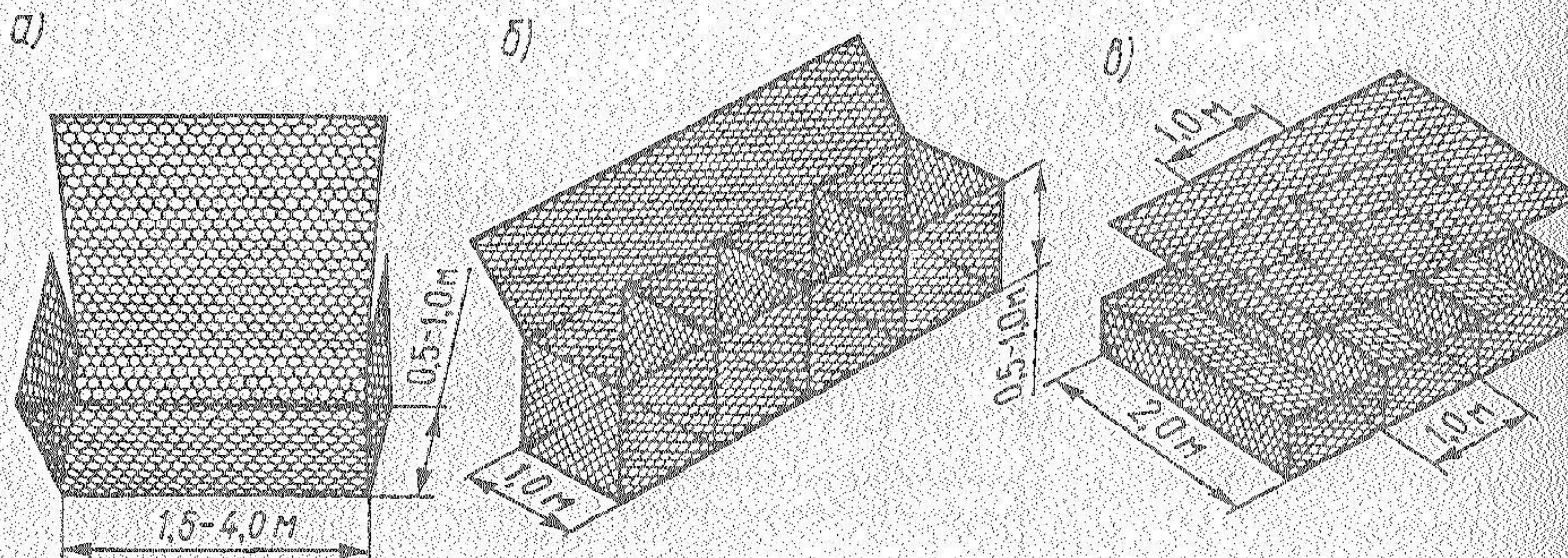
- Размеры рисбермы и упорных берм выбираются из условия предотвращения размыва основания у подошвы откоса и восприятия составляющей веса вышележащего массива наброски.
- Размер камня в наброске выбирается в зависимости от скорости вдольберегового течения и высоты волны. При этом сортированная горная масса должна содержать не более 25% неполномерных камней, а несортированная более 50% камней расчетного веса.
- Каменная наброска может быть как однослойная, так и двухслойная.
- Под наброской устраивается обратный фильтр в качестве, которого может быть песчано-гравийная смесь либо песчано-гравийная смесь или песок в комбинации с геотекстилем.
- Обратный фильтр проектируется из условия не допущения выноса частиц грунта в фильтр и его кольматации, а также вымывания частиц самого фильтра через наброску.

# Габрионные структуры

- Конструктивно габрион представляет собой проволочный остов коробчатого типа, заполняемый камнем. Коробчатый габрион – ящик прямоугольной формы с откидными крышками, изготовленными из металлической оцинкованной сетки, имеющей шестигранные звенья с двойным кручением.
- Проволока, используемая для изготовления габрионов, имеет цинковое покрытие плотностью 0,240-290 кг/м<sup>2</sup>, диаметр проволоки 2-3 мм, размер звеньев от 5x7 см до 10x12 см.
- Разрывная нагрузка звеньев сетки 35-53 кН/м. При устройстве габрионов в особо коррозионной среде проволока порывается оболочкой из ПВХ.
- Для заполнения габрионов применяется каменный материал, состоящий из булыжника, гальки, карьерного камня. Рекомендуется камень с большим удельным весом, прочный, неразмягчаемых пород, морозоустойчивый. Размер камня должен быть больше чем 1,0-1,5 размера ячейки сетки.



# Габрионные структуры







**МостГеоЦентр**

Укрепление земляного полотна габрионами  
в зоне водопропускной трубы  
на 474 км перегона Селезни – Тамбов  
линии Павелец – Благодатка  
Юго – Восточной ж.д.



# Берегозащитные сооружения

- При защите земляного полотна в зоне водохранилищ, озер и на морском побережье, где действует сильный волноприбой принимаются мероприятия, направленные на активное гашение энергии волны.
- **Берегозащитные сооружения** подразделяются на:
  - волнозащитные: вдольбереговые подпорные стены – набережные, шпунтовые стенки, ступенчатые крепления, откосные покрытия;
  - волногасящие: откосные покрытия в виде набросок из камня или фасонных блоков, искусственные свободные пляжи;
  - пляжеудерживающие: вдольбереговые подводные banquetты, буны, шпоры.
- Эффективным является возможность создания естественного пляжа у подошвы земляного полотна. При отсутствии такой возможности применяют: фасонные крупногабаритные железобетонные массивы (тетраподы), волнобойные стенки и ступенчатые укрепления, буны, волноломы и траверсы

# Сферы применения берегозащитных сооружений для защиты земляного полотна

Вид сооружения	Назначение сооружения и условия его применения
<p><b><u>I Волнозащитные</u></b></p> <p><b>1. Вдольбереговые:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- береговые стены (набережные) волноотбойного профиля из монолитного и сборного бетона и железобетона, камня, ряжей, свай;</li><li>- шпунтовые стенки железобетонные и металлические;</li><li>- ступенчатые крепления с укреплением основания террас;</li><li>- массивные волноломы</li></ul> <p><b>2. Откосные:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- монолитные покрытия из бетона, асфальтобетона, асфальта;</li><li>- покрытия из сборных плит;</li></ul>	<p><b>На морях, водохранилищах и озерах</b></p> <p><b>В основном на водохранилищах</b></p> <p><b>На морях и водохранилищах при крутизне откосов берега более 15°</b></p> <p><b>На морях и водохранилищах при стабильном уровне воды</b></p> <p><b>На морях и водохранилищах при устойчивости откосов берега.</b></p> <p><b>При волнах до 2,5 м.</b></p>



- покрытия из гибких туюфяков и сетчатых блоков, заполненных камнем;

- покрытия из синтетических материалов и вторичного сырья

## II Волногасящие

1. Вдольбереговые — проницаемые сооружения с пористой напорной гранью и волногасящими камерами

2. Откосные:

- наброска из камня;

- наброска или укладка из фасонных блоков;

- искусственные свободные пляжи

На водохранилищах при пологих откосах и высоте волны менее 0,5 м.

То же

На морях и водохранилищах

На водохранилищах при отсутствии рекреационного использования.

На морях и водохранилищах при отсутствии рекреационного использования.

На морях и водохранилищах при пологих откосах (менее  $10^\circ$ ) в условиях слабовыраженных вдольбереговых перемещений наносов и стабильном уровне воды

### **III. Пляжеудерживающие**

#### **1. Вдольбереговые:**

**подводные banquetы из бетона,  
бетонных блоков, камня**

**загрузка инертными на локальных  
участках (каменные banquetы,  
песчаные примывы и т.п.)**

**2. Поперечные – буны, молы,  
шпоры (гравитационные, свайные,  
из фасонных блоков и др.)**

**На морях и водохранилищах при  
небольшом волнении для  
закрепления пляжа**

**На водохранилищах при  
относительно пологих откосах**

**На морях и водохранилищах при  
создании и закреплении  
естественных и искусственных  
пляжей на относительно пологих  
склонах и в условиях развития  
вдольбереговых потоков наносов**

***Волнозащитные и волногасящие сооружения*** - сооружения пассивного типа, воспринимающая на себя воздействия волн (удары волн) не допуская его на защищаемые объекты.

***Волнозащитные (волноотбойные стенки)*** располагают параллельно урезу - продольные берегозащитные сооружения. Широко применяют для защиты на морских побережьях.

Первоначально выполнялись из каменной кладки на фундаменте. Позднее стали выполняться из монолитного железобетона с криволинейной передней обращенной к морю поверхностью, которая позволяет эффективно гасить энергию волны.

Для более эффективного гашения энергии, а также защиты бетона от истирания гравийно-галечными наносами, перемещаемыми с волнами, нижняя и средняя часть морской грани стенки облицовывается камнем твердых горных пород.

Кроме монолитных стенок применяют стенки из железобетона сборной конструкции и сборной облегченной конструкции с анкерами, закрепляемыми в коренных породах.

Подошва фундамента стенок располагается ниже расчетного уровня моря.

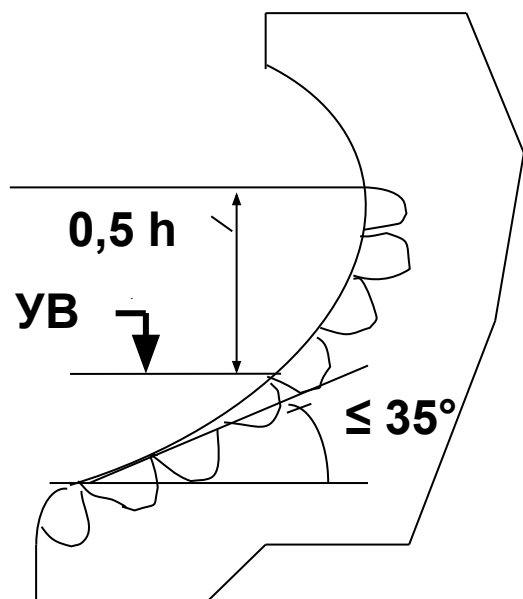
Волноотбойные стены целесообразно использовать только в комплексе с дополнительными мероприятиями в виде устройства набросок из камня или блоков, бун, пляжа и т.д.

**Ступенчатые укрепления** для защиты от воздействия волн устраиваются из монолитного бетона при пологих откосах берега.

**Наброска** в виде фасонных бетонных и железобетонных массивов (тетраподов, диподов, трибаров и т. п.). Наибольшее распространение из них получили **тетраподы**, представляющие собой железобетонные блоки в виде соединенных основаниями четырех усеченных конусов, оси которых пересекаются в одном центре. В зависимости от параметров волны принимаются тетраподы массой от 1,5 т до 25 т. Тетраподы укладываются у подошвы откоса рядами, зацепляясь друг за друга.

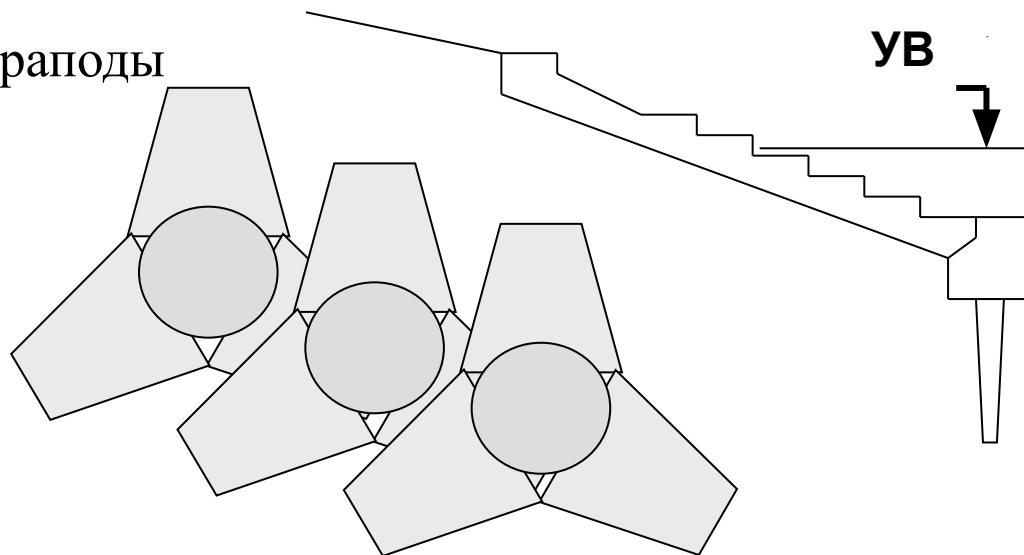
## Примеры

А) волноотбойная стенка

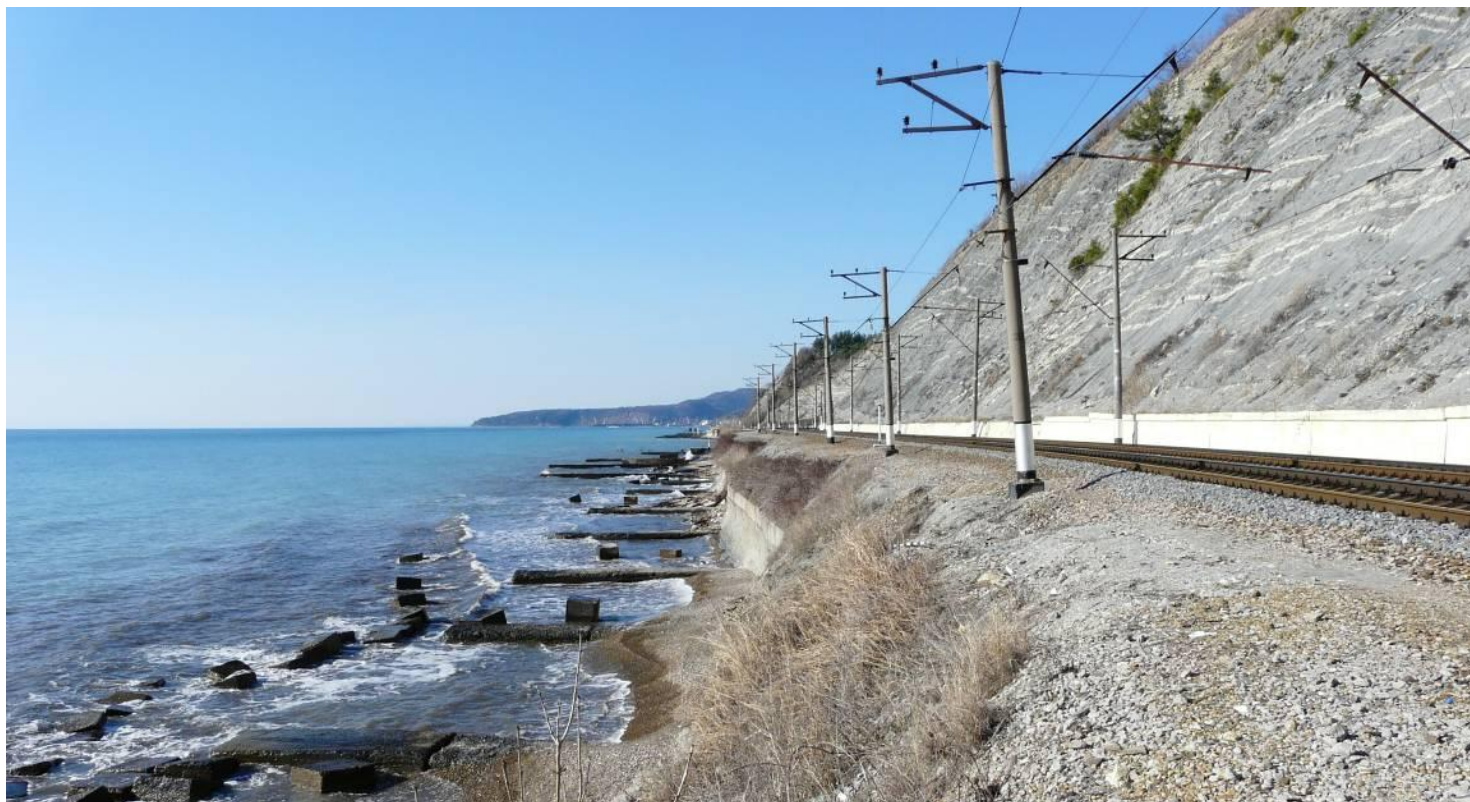


Б) Ступенчатое укрепление

В) Тетраподы



Сочинская дистанция пути. Перегон Туапсе-Шепси.  
Отсутствие пляжевой полосы приводит к разрушению бун и  
волноотбойных стен





Сочинская дистанция пути.  
Перегон Шепси-Водопадный. 1896км-1898км.



Полное отсутствие защитной  
полосы угрожает размывом  
земполотна на протяженном  
участке пути



Отсутствие защитной волногасящей  
полосы на участке пути значительной  
протяженности создаёт угрозу  
безопасности движения во время  
сильных штормов.



Сочинская дистанция пути. 1896км. 1922км. 1928км.



Отсутствие защитной волногасящей полосы приводит к преждевременному разрушению в/о стен, размыву земполотна, создавая угрозу безопасности движения.

Сочинская дистанция пути.  
Перегон Хоста-Адлер



1981км пк1.Разрушение в/о  
стен.



1983км пк6.Разрушение ступенчатых укреплений.



# Регуляционные сооружения

Для защиты от размывов земляного полотна в поймах рек и прилегающих берегов в дополнение к откосным укреплениям часто применяют продольные и поперечные регуляционные устройства.

К продольным относят:

- струенаправляющие дамбы, изменяющие направление течения реки у ИССО;
- продольные водоотжимные бермы, отодвигающие поток от земляного полотна;
- прокопы, спрямляющие русло водотока.

К поперечным относят:

- буны (для рек называют шпорами), предназначенные для снижения прибрежных скоростей течения и накопления отложений;
- запруды и полузапруды, устраиваемые для перекрытия отдельных рукавов и направления речного потока в основное русло или в прокоп.

Материал сооружений: дисперсные и скальные грунты, бетон и железобетон, габионные структуры.

При больших скоростях течения воды на горных реках используют каменные наброски и фигурные блоки, как при защите морских побережий.

Все регуляционные сооружения изменяют гидрологический режим, что должно обязательно учитываться при их проектировании.