

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования

**«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО -  
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

*На правах рукописи*



**Чан Ван Зы**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ЗАЩИТЫ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА  
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ОТ ДЕФОРМАЦИЙ НА ПОЙМЕННЫХ  
УЧАСТКАХ**

Специальность 05.23.11 – Проектирование и строительство дорог,  
метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель  
д-р техн. наук, профессор  
О. В. Рябова

Воронеж – 2016

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>4</b>
<b>ГЛАВА 1. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ УЧЕНЫХ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ДОРОГ НА ПОЙМЕННЫХ УЧАСТКАХ .....</b>	<b>10</b>
1.1. Состояние дорожно-транспортной инфраструктуры и проблемы её эксплуатации в условиях Вьетнама.....	10
1.2. Основные причины деформации эксплуатируемых пойменных дорожных насыпей во Вьетнаме.....	18
1.3. Мероприятия, применяемые для обеспечения устойчивости земляного полотна автомобильных дорог на пойменных участках .....	23
1.4. Цель и задачи исследования .....	32
1.5. Выводы по главе 1.....	33
<b>ГЛАВА 2. ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ДЕФОРМАТИВНОЙ УСТРОЙЧИВОСТИ ДОРОЖНОЙ СЕТИ НА ПЕРЕХОДАХ ЧЕРЕЗ ПОЙМУ РЕК В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО ВЬЕТНАМА .....</b>	<b>34</b>
2.1. Природно-климатические условия Северного Вьетнама, оказывающие влияние на состояние дорожно-транспортной инфраструктуры .....	34
2.2. Топографические особенности Северного Вьетнама.....	39
2.3. Мероприятия по защите территорий дельты реки Красной от затопления в Северном Вьетнаме .....	42
2.4. Процесс суффозионного вывала откосов пойменных насыпей .....	51
2.5. Влияние режима стока воды с пойменных участков на устойчивость откосов земляного полотна .....	55
2.6. Выводы по главе 2.....	61
<b>ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПРОЧНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ВЬЕТНАМСКИХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ПОЙМЕННЫХ УЧАСТКАХ .....</b>	<b>62</b>

3.1. Основные принципы применения траверс для инженерной защиты дорожно-транспортных сооружений на пойменных участках .....	62
3.2. Метод расчета местных размывов у поперечных регуляционных сооружений в процессе их применения для обеспечения прочности и устойчивости насыпей земляного полотна.....	70
3.3. Организация и технология выполнения работ по строительству регуляционных сооружений (траверс) .....	73
3.4. Воздействие кавитационных процессов на состояние регуляционных сооружений .....	81
3.5. Повышение прочности и устойчивости насыпи земляного полотна, путем укрепления цементом и устройства противофильтрационных экранов	84
3.6. Выводы по главе 3.....	86
<b>ГЛАВА 4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ОТКОСОВ ПОЙМЕННЫХ НАСЫПЕЙ И ПОПЕРЕЧНЫХ СООРУЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО ВЬЕТНАМА .....</b>	<b>88</b>
4.1. Конструкции для защиты откосов земляного полотна от деформаций и разрушений .....	88
4.2. Технология укрепления откосов с использованием габионов и матрасов	
95	
4.3. Укрепление откосов бамбуками для защиты от размыва .....	100
4.4. Применение засева трав для защиты откосов от деформаций .....	105
4.5. Рекомендации по проектированию пойменных насыпей автомобильных дорог в условиях Северного Вьетнама .....	107
4.6. Выводы по главе 4.....	122
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>124</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>126</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных задач по ремонту и содержанию вьетнамских автодорог является разработка мероприятий по инженерной защите земляного полотна на пойменных участках.

Вскоре после завершения боевых действий во Вьетнаме дорожно-транспортная инфраструктура была в основном восстановлена и продолжился процесс её дальнейшего развития и совершенствования. Спрос на оказание транспортных услуг растет при этом ежегодно, одновременно увеличивается интенсивность движения грузовых и количество легковых автомобилей. В настоящее время на дорогах появляется больше транспортных средств большой грузоподъемности, поэтому к дорогам предъявляются повышенные требования.

Стабильно возрастающая интенсивность транспортных потоков на территориях с муссонными дождями часто приводит к деформациям и разрушениям дорог в виде провалов дорожного покрытия, эрозии и размывов откосов и активизации оползневых явлений. Особую опасность эти явления представляют на пойменных участках, на которых дороги размещены на грунтовых дамбах. После продолжительных ливней реки выходят из берегов и вода затопляет пойму. Вода, стекая по проезжей части, обочинам и кюветам, особенно неукрепленным, размывает конструктивные элементы дороги и постепенно разрушает дорожные сооружения. Переувлажненное грунтовое основание под конструкцией дорожной одежды, обочин и откосов насыпей и выемок провоцирует активизацию оползневых явлений, а также резко снижает сопротивление грунтов внешним нагрузкам, что приводит к снижению физико-механических показателей дорожной одежды.

Ежегодно во Вьетнаме в сезон дождей возникает множество зон подтопления, которые парализуют движение автомобильного и железнодорожного транспорта. Особенно уязвимым является центральный район Вьетнама. Трасса главной дороги во Вьетнаме пролегает с севера на юг и во время сезона дождей всегда страна оказывается разделённой на две области.

В последнее десятилетие наводнения в период муссонных дождей в Ханое становятся все более частыми. Небывало сильные дожди в 2008 году привели к большому материальному ущербу и разрушениям на дорожной сети центральной части Вьетнама. Поэтому чрезвычайно важным является представляться обеспечение поверхностного водоотвода с помощью водоотводных канав и водопропускных труб, а также дренирование воды из-под конструкции дорожной одежды.

Сложившийся в процессе развития городского хозяйства в купных городах водный баланс оставался стабильным на протяжении многих лет. Однако, ползучая экспансия жилой застройки вокруг водоёмов ещё до возникновения сильных наводнений во время сезонных дождей, отрицательно повлияла на сток ливневых вод. Поэтому имеют место случаи возникновения на дорогах трещин, имеющих различную природу происхождения (подтопление, эрозия, оползни, просадка), которые представляют опасность для людей и влекут за собой несчастные случаи. Кроме того, эта ситуация является серьёзным препятствием для сообщения между собой городских и пригородных селитебных территорий. Поэтому разработка организационных и конструктивных мероприятий по инженерной защите пойменных участков автодорог в Северном Вьетнаме является актуальной проблемой в современных условиях Вьетнама.

### **Степень разработанности темы исследования.**

При эксплуатации автомобильных дорог на пойменных участках постоянно наблюдаются различные виды разрушений земляного полотна, провалы дорожных покрытий, размыв и эрозия откосов. Повышение прочности и устойчивости земляного полотна и защита его от деформаций на пойменных участках является одной из основных задач при содержании дорожной сети. Изучением способов повышения устойчивости автомобильных дорог при наводнении занимались Б.Ф. Перевозников, Ю.М. Львович, Ю.Л. Мотылев, В.Д. Казарновский, В.П. Подольский, И.Е. Евгеньев, П.И. Поспелов и др.

В настоящее время устройство поперечных регуляционных сооружений (траверс) является одним из наиболее целесообразных способов защиты и

обеспечения прочности и устойчивости земляного полотна на весь период эксплуатации.

Общие принципы исследования, метод расчета геометрических параметров траверс и их местных размывов являются достаточно универсальными.

**Целью диссертации** является разработка методологии защиты земляного полотна автомобильных дорог на пойменных участках от суффозионного и кавитационного воздействия на основе результатов исследования причин их возникновения.

### **Задачи исследований:**

- на основе отечественного и зарубежного опыта эксплуатации установить причины и закономерности деформаций земляного полотна вьетнамских дорог на пойменных участках;
- исследовать влияние кавитации на размыв грунтов при наличии траверс в условиях движения воды вдоль насыпи на пойменных участках;
- разработать методику расчётов геометрических параметров траверс для защиты откосов пойменных насыпей вьетнамских автомобильных дорог от кавитационных и суффозионных деформаций;
- предложить рекомендации по инженерной защите откосов пойменных насыпей вьетнамских автомобильных дорог от кавитационных и суффозионных деформаций.

### **Научная новизна исследований:**

- уточнены закономерности формирования суффозионных деформаций откосов насыпи при быстром сходе воды с поймы. При быстром спаде паводковых вод, происходит вынос водой частиц грунта, т.к. возникает явление суффозионного вывала, приводящего к оседанию и расползанию пойменных насыпей, оползанию откосов насыпи, появлению суффозионных воронок и провалов;
- обоснованы условия применения регуляционных сооружений в виде траверс, уменьшающих скорость течения потока, для предотвращения явления суффозионного вывала и размыва, т.е. сохранения устойчивости откосов

грунтовой насыпи автомобильных дорог на пойменных участках. При устройстве поперечных сооружений происходит сужение ширины потока воды и местный размыв дна будет образоваться у головы траверс;

- разработана методика расчета траверс в качестве инженерной защиты откосов, которая позволяет учитывать воздействие волн и карчехода при движении потоков вдоль насыпи включающая: расчет геометрических параметров траверс; расстояние между соседними траверсами; расчет местных размывов у траверс в процессе их применения;

- разработана технология выполнения работ по строительству регуляционных сооружений (траверс). Возможны два варианта устройства траверс для защиты откосов насыпи автомобильных дорог от размыва на пойменных участках. При новом строительстве насыпи и траверсы можно построить одновременно. При существующем насыпи необходимо нарезать уступы на откосе земляного полотна для обеспечения монолитности примыкания траверс.

- впервые исследовано влияние кавитации на размыв грунтов при устройстве траверс в условиях турбулентности водных масс на пойменных участках. Процесс кавитации может привести к дополнительным деформациям и подмыву их головных частей;

- разработана методика и технология обеспечения устойчивости земляного полотна и откосов пойменных насыпей с помощью траверс: укрепление откосов с использованием габионов и матрасов, защите откосов бамбуками для защиты от размыва, применение засева вьетнамских трав Vertiver.

### **Теоретическая значимость заключается:**

- в теоретическом обосновании воздействия процессов кавитации и суффозии на устойчивость откосов земляного полотна автомобильных дорог на пойменных участках;

- в разработке методики расчета траверс, предлагаемых в качестве инженерной защиты транспортных сооружений при протекании водных потоков вдоль земляного полотна;

- в уточнении аналитических зависимостей для определения величины размыва у головы траверс.

**Практическая значимость работы заключается в:**

- разработке рекомендаций по инженерной защите автодорог на пойменных участках в условиях Северного Вьетнама с помощью траверс;

- в разработке методики расчёта поперечных сооружений (траверс) для регулирования скорости потока.

- использовании результатов исследований в учебном процессе на дорожно-транспортном факультете Воронежского ГАСУ.

**Методология и методы исследования.**

В диссертации обеспечиваются использованием результатов экспериментальных и теоретических исследований ученых, согласованием исходных положений с общизвестными методами проведения научных исследований. Работа выполнена с учетом существующих передовых методов защиты земляного полотна автомобильных дорог от деформаций на пойменных участках.

**Положения, выносимые на защиту:**

- конструкция поперечных сооружений (траверс) примыкающих под разным углом к насыпи для обеспечения ее устойчивости и прочности.

- методика расчета траверс назначаемых в качестве для инженерной защиты откосов.

- аналитические зависимости для оценки и прогнозирования размыва грунтов при устройстве траверс в условиях пойменных участков Северного Вьетнама;

- оптимизация выбора конструкций для укрепления откосов насыпи и траверс на пойменных участках дорог Северного Вьетнама.

**Достоверность результатов** научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы обусловлена применением современных приборов и оборудования при изучении процессов, соблюдением правил физического и математического моделирования, адекватностью теоретических предположений и результатов экспериментальных исследований, а также удовлетворительной

сходимостью с результатами исследований других авторов.

**Апробация результатов исследований:**

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на всероссийской научной конференции «Град ВГАСУ» (г. Воронеж, 2014), на международной научно-практической конференции «Системный анализ и моделирование процессов управления качеством в инновационном развитии АПК» (г. Воронеж, 2015).

**Публикации:**

По материалам исследований опубликовано 11 научных работ общим объемом 103 страница. Личный вклад автора составляет 10 страницы. Три статьи опубликованы в изданиях, включенных в перечень ВАК РФ: «Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура», «Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура».

**Объем и структура работы:**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов, списка использованной литературы, содержащего 121 наименование. Материалы диссертации изложены на 138 страницах. Диссертация содержит 10 таблиц и 83 рисунка.

# ГЛАВА 1. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ УЧЕНЫХ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ДОРОГ НА ПОЙМЕННЫХ УЧАСТКАХ

## 1.1. Состояние дорожно-транспортной инфраструктуры и проблемы её эксплуатации в условиях Вьетнама

Суммарная протяженность автомобильных дорог СРВ составляет около 258200 км, из которых магистрали (18744 км) занимают 7,26%; областные дороги (23520 км) занимают 9,11%; районные дороги (49823 км) – 19,30%; просёлочные дороги (151187 км) – 58,55%; городские дороги (8,492 км) – 3,27% и специальные дороги (6,434 км) – 2,49%.

Современный Вьетнам имеет 104 автомобильные дороги федерального значения, 5 магистральных дорог с общей протяженностью 18,744 км, из которых дороги с асфальтобетонным покрытием составляют лишь 62,97%, дороги с цементно-бетонным покрытием – 2,67% и остальные представляют собой либо гравийные шоссе, либо грунтовые проселки, созданные для обеспечения связи между сельскими населёнными пунктами. Основные показатели дорог приведены в табл. 1.1, которая составлена по данным управления автомобильных дорог республики Вьетнам [94].

Таблица 1.1

Классификация автомобильных дорог Вьетнама

Виды автомобильных дорог	Протяженность (км)	Виды дорожных покрытий							
		Асфальто-бетонные		Бетонные		Гравийные		Грунтовые	
		км	%	км	%	км	%	км	%
Магистраль	18,744	9,094	48,5	6,747	36	2,903	15,5	0	0,0
Областная дорога	23,520	4,275	18,2	11,130	47,3	4,916	20,9	3,199	13,6
Районная дорога	49,823	3,704	7,5	9,992	20,0	31,897	64,0	4,230	8,5
Просёлочная дорога	151,187	21,803	14,4	11,226	7,4	39,897	26,4	78,261	51,8
Городская дорога	8,492	3,241	38,2	2,750	32,4	976	11,5	1,525	17,9
Специальная дорога	6,434	160	2,5	847	13,2	2,612	40,6	2,815	43,7
<b>Итого</b>	<b>258,200</b>	<b>42.277</b>	<b>16,4</b>	<b>42,692</b>	<b>16,5</b>	<b>83,201</b>	<b>32,2</b>	<b>89,491</b>	<b>34,9</b>

Плотность автомобильных дорог на территории страны составляет около 9,78 км/км<sup>2</sup> и 3,09 км/1000 человек, из которых на магистрали приходиться только 0,053 км/км<sup>2</sup> и 0,21 км/1000 человек. По этому показателю Вьетнам значительно уступает другим азиатским странам: Китай - 0,2 км/ км<sup>2</sup>; 1,44 км/1000 человек; Южная Корея – 1,01 км/ км<sup>2</sup>; 2,1 км/1000 человек; Тайланд – 0,11 км/ км<sup>2</sup>; 0,9 км/1000 человек;

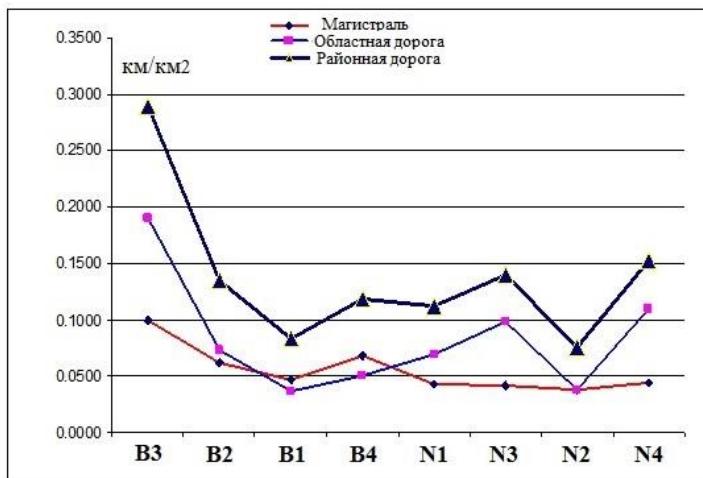


Рис. 1.1. Плотность автомобильных дорог Вьетнама (км/ км<sup>2</sup>)

B1 – северо-западная часть; B2 – северо-восточная часть; B3 – северная равнинная часть; B4 – север Центральной части; N1 – юг Центральной части; N2 – область Тай Нгуен; N3 – южная часть; N4 – равнинная часть реки Кыу Лонг.

Техническое состояние автомобильных дорог Вьетнама находится в критическом состоянии поэтому сейчас уделяется большее значение строительству автомобильных дорог разных категорий. Многие важные трассы уже введены в эксплуатацию, например трасса Хо Ши Мин, магистраль № 1, № 10, № 2, № 3 и др. Кроме того, построены подземные автомобильные тоннели на дорогах Най Ван, Део Нанг. Общее количество построенных дорог с асфальтобетонным покрытием достигает 95%, а остальные дороги представляют собой либо гравийные, либо грунтовые покрытия.

Плотность дорожной сети и качество автодорог многом зависят от времени постройки и региона. В горной местности автомобильные дороги были построены в основном во время войны с американцами (1945 - 1975 гг.) для обеспечения

военных нужд, поэтому качество этих дорог в таких местах невысоко, а на равнинных территориях оно выше. В последнее десятилетие многие магистрали строятся ускоренными темпами для обеспечения транспортных потребностей населения на этой территории.

Система главных дорог, соединяющих Север, Центр и Юг страны, включает две трассы: магистраль №1 и автомобильную дорогу Хо Ши Мин с общей протяженностью 3,784 тыс.км. Эти автомобильные дороги идут параллельно друг другу через всю страну, расстояние между ними составляет от 20 до 40 км, в центральной части – 10 км. Данные автомобильные дороги имеют большое значение для развития экономики страны.

Следует отметить, что количество транспортных средств в последнее время значительно возросло; темпы роста транспортных средств составляют 12% на период 2009-2011 гг.; количество легковых машин увеличивается на 17% в год, грузовых – на 13%, мотоциклов – на 15%. Количество автобусов увеличивается сравнительно мало. Статистические данные Вьетнамского управления автомобильных дорог приведены в табл. 1.2

Таблица 1.2

Количество транспортных средств

Виды транспортных средств	2011	2012	2013	2014
Легковые транспортные средства	301,195	483,566	556,945	659,452
Грузовые транспортные средства	316,914	476,401	552,244	609,200
Мотоциклы	21 721,282	-	-	33 906,433
Автобусы	89,240	103,502	97,468	102,805

Процент автомобилей и мотоциклов со сроком эксплуатации менее 12 лет до 2014 года составил 78%, что свидетельствует о снижении количества старых транспортных средств.

В Северном Вьетнаме активно эксплуатируются магистрали 1В, 2, 3, 5, 6, 18, 18С, 32В, 32С, 70, Ной Бай-Бак Нинь. Их общая протяженность составляет около 2,739 км, включая дороги с асфальтобетонным, цементно-бетонным и гравийным покрытием. Эти автомобильные дороги проходят через разные области, соединяясь в Ханое, и заканчиваются в морских портах, на границах страны. Дорожная сеть имеет оптимальное начертание, особенно магистрали Ханой –Хай Фонг, Ханой – Ланг Шон, Ханой – Ха Лонг, Ханой – Тхай Нгуен, Ханой –Лао Кай.

Система национальных автомагистралей включает 3 трассы протяженностью 2 036,59 км, в том числе дороги с асфальтобетонным, цементно-бетонным и гравийным покрытием. Первая трасса – дороги 4А, 4В, 4С, 4Д, 4Е, 4Г, вторая трасса – магистраль №279, третья трасса – магистраль № 37. Эти автомагистрали идут параллельно границе Вьетнама с Китаем и Лаосом.

Прибрежные автомагистрали №10 и №18 начинаются в области Уонг Ви (на пересечении с магистралью №10) и идут до северной границы страны в области (Монг Кай-Куоанг Нинь).

Существуют другие магистрали (12В, 2В, 2С, 23, 21, 21В, 31, 34, 3В, 43, 38, 39, 12, 100, Ланг Хоа Лак, Бак Тханг Лонг-Ной Бай), которые соединяют иные трассы и области, обеспечивая комфортность и безопасность движения между регионами.

В Центральном Вьетнаме и области Таи Нгуен существует 30 автомагистралей, в том числе 3 продольных трассы (магистрали №15,14,14С) и 27 горизонтальных трасс (магистрали 12А, 7, 8А, 8В, 9, 14В, 14Д, 14Е, 19, 24, 24В, 25, 1Д, 26, 1-Хиун Дай, 1С, 27, 27В, 28, 40, 45, 46, 47, 48, 49, 49В, 217). Общая протяженность дорог с разными видами покрытий в этой части страны составляет около 4 407 км.

Горизонтальные трассы начинаются от Восточного порта или от магистрали №1 и идут до границы страны с Лаосом и Камбоджей. Из них 5 магистралей (№12А, 9, 19, 46, 49) начинаются от порта и заканчиваются на границе страны, 3 магистрали (№7,8,217) начинаются от магистрали №1 и заканчиваются на границе страны, остальные представляют собой горизонтальную трассу, соединяющую 2 продольные трассы с магистралью №1 и регионами.

Южный Вьетнам разделяется на 2 части: Восточный Южный Вьетнам и

Равнинная часть реки Кыу Лонг. В этих регионах имеются автомагистрали 51, 13, 1К, 20, 22, 22В, 30, 50, 53, 54, 55, 56, 57, 60, 61, 62, 63, 80, 91. Общая их протяженность составляет 2 371,16 км. Равнинная часть реки Кыу Лонг имеет сложную систему каналов, поэтому на дорогах данной территории имеется много мостов.

Ежегодно с целью социально-экономического развития страны правительство осуществляет серьезные инвестиции в развитие дорожной инфраструктуры. В настоящее время существует множество проблем, связанных с эксплуатацией дорожных сооружений, поскольку они достаточно быстро разрушаются под воздействием антропогенных и природно-климатических факторов. Практика показывает, что 80% разрушений дорожных сооружений связаны с природно-климатическими факторами. Мы знаем, что климат Вьетнама тропический, в связи с чем каждый год происходят разрушительные природные явления: бури, наводнения, цунами и т.д. Половодье (разлив рек) обычно происходит в сезон дождей, распространяется достаточно медленно на большой территории и сохраняется долгое время. Кроме того, в результате тропических ливней происходят стремительные наводнения, которые приносят много бедствий. Под воздействием природных явлений на поверхности автомобильных дорог возникают трещины, которые снижают комфортность и безопасность движения транспортных средств и являются большим препятствием для коммуникации между городскими и пригородными селитебными территориями.

В природных условиях Вьетнама на различных автомобильных дорогах возникают разрушения земляного полотна, провалы дорожных покрытий, размыв и эрозия откосов. В силу того, что интенсивность и количество атмосферных осадков значительны, вода течет и образует поток на поверхности автомобильных дорог. Верхний их слой насыщается водой, и прочность его уменьшается. Кроме того, дороги разрушаются в результате переувлажнения грунтовыми водами. Поэтому прочность и устойчивость земляного полотна снижается, и оно быстро разрушается под воздействием повторяющихся нагрузок от колес транспортных средств.

На равнины во Вьетнаме приходится всего четверть всей территории, но именно там сосредоточена основная хозяйственная деятельность и проложены основные транспортные магистрали. Наиболее обширные равнины сформированы дельтами рек Красная (Хонгха) в Северном Вьетнаме, длиной 508 км, и Меконг в Южном Вьетнаме, длиной 250 км, между которыми тянется цепочка узких береговых равнин и дельт относительно небольших рек. Все реки Вьетнама имеют дождевое питание. В связи с сезонным распределением осадков максимальные расходы воды на реках изменяются по сезонам, почти точно повторяя картину выпадения осадков. Время наступления паводков (резких и кратковременных подъемов уровня воды) на реках Вьетнама смещается постепенно с севера на юг с максимальной разницей 3 – 4 месяца. Самый ранний паводок бывает на севере в июне – августе, а самый поздний – в центральной части, в ноябре. Учитывая, что с июля по ноябрь на территории страны часто наблюдаются тайфуны (влажные циклоны с большой силой ветра), то количество выпадающих осадков увеличивается в разы. Такое количество осадков необратимо приводит к наводнениям и затоплениям обширных территорий, (рис.1.2), нанося при этом многомиллионный ущерб населенным пунктам, земледельческим угодьям, линиям электропередач и связи, а также дорожной сети страны (таблица 1.3).

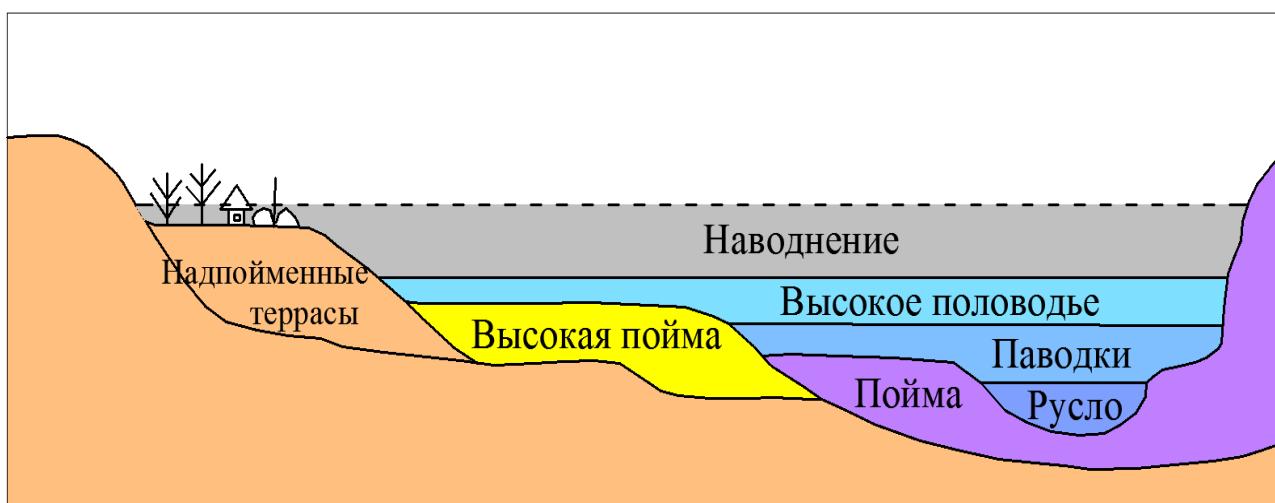


Рис.1.2. Схема затопления речной долины

Таблица 1.3

## Ущерб, причиняемый паводками в дельте р. Меконг [94]

Год	Площадь затопленных и нарушенных полей, тыс. га	Протяженность нарушенных дорог, км	Сумма ущерба, млн. долл.
2000	401 342	11 477	1 955,6
2001	20 691	7 184	767,9
2002	14 019	3 861	228,4
2004	3 426	-	17,1
2005	2 723	870	3,7
2011	27 418	7 305	2 197

Особую опасность представляет паводок, переходящий в наводнение, на пойменных участках, где дороги расположены на грунтовых основаниях, сложенных аллювиальными отложениями, включающими илы, глины, плывучие пески и суглинки, относящиеся к слабым грунтам (углы внутреннего трения изменяются в диапазоне от 2 до 10°, сила сцепления – от 4000 Па до 12000 Па, модуль упругости – от 1 до 5,4 МПа). Такие грунты имеют низкую прочность и сопротивляемость к внешним воздействиям (влаге), поэтому каждый год после периода паводка приходится проводить ремонтные работы по восстановлению дорожного покрытия и земляного полотна автодорог (рис.1.3 – рис.1.4).



Рис. 1.3. Размыв участка автомобильной дороги в области Фу Иен  
(Центральный Вьетнам)



Рис. 1.4. Размыв участка автомобильной дороги в области Нам Динь  
(Северный Вьетнам).

Кроме того, на поверхности автомобильных дорог на пойменных участках возникает явление коррозии материалов дорожного покрытия. Выпадение большого количества атмосферных осадков приводит к подтоплению автомобильных дорог на всей территории пойменного участка. При длительном увлажнении вода проникает в поры асфальтобетона, частично отслаивает битум, проникает через дефектные места битум инизированных слоев и попадает на поверхность минеральных зерен. Все это способствует ослаблению структурных связей в асфальтобетоне, что ускоряет его разрушению под действием транспортных средств.

Коррозионные разрушения асфальтобетонных покрытий обычно проявляются в виде усиленного выкрашивания асфальтобетона или минеральных частиц, приводящего к большому износу покрытия и к образованию значительного количества отдельных разрушенных участков (выбоин) [50] .(рис. 1.5)



Рис. 1.5. Коррозионные разрушения асфальтобетонных покрытий на  
автомагистралях Кау Же – Нинь Бинь

## 1.2. Основные причины деформации эксплуатируемых пойменных дорожных насыпей во Вьетнаме

Опыт эксплуатации автомобильных дорог во Вьетнаме свидетельствует о том, что разрушение дорожного покрытия происходит в результате деформаций земляного полотна, в значительной степени связанных с избыточным увлажнением грунтов. В результате воздействия знакопеременной нагрузки от транспортного потока, процессов переувлажнения и высыхания, водной эрозии, а также из-за нарушения технологии производства работ может происходить деформация земляного полотна с потерей его геометрически правильных очертаний [63] (рис. 1.6).

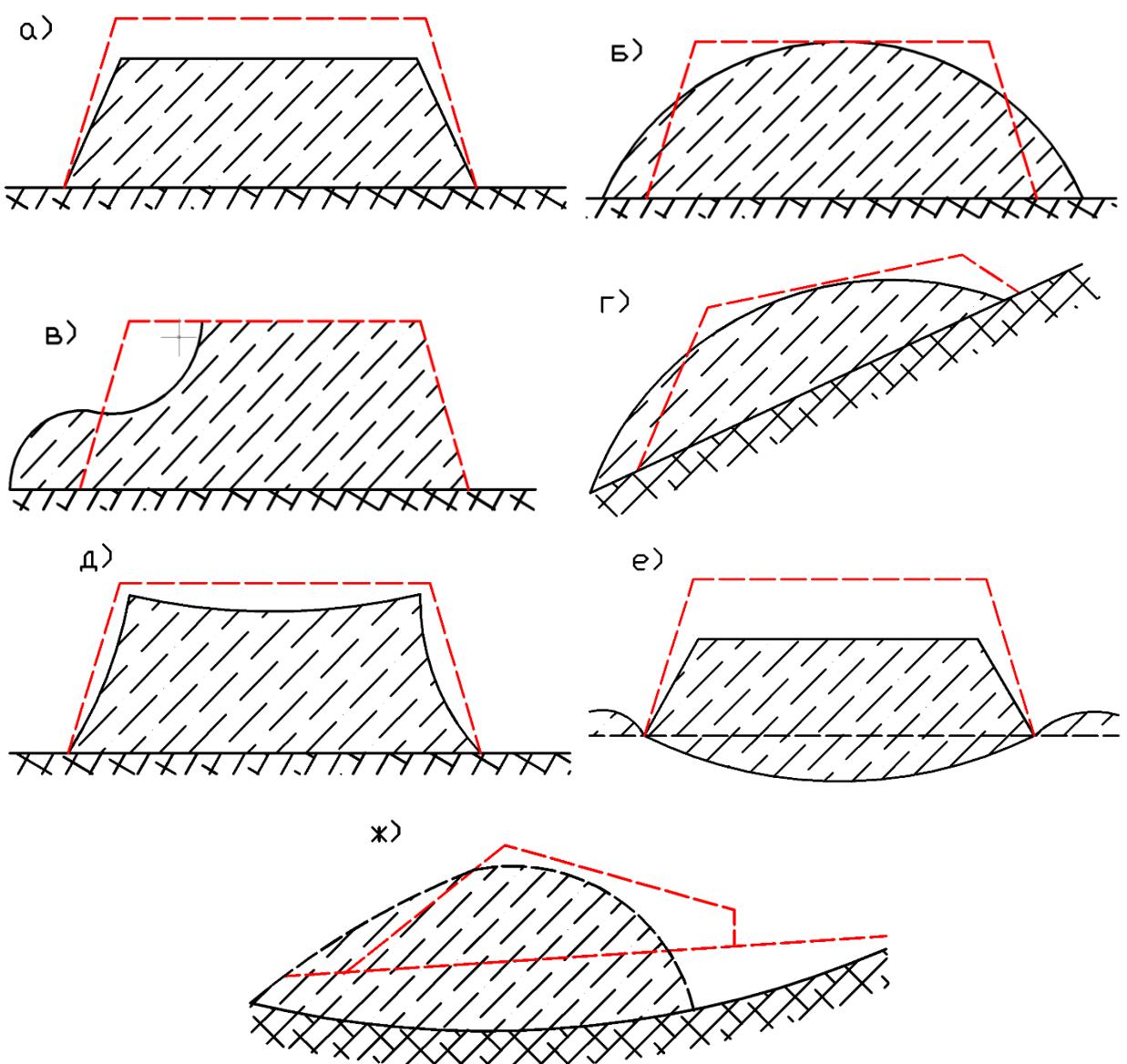


Рис. 1.6. Схемы различных видов деформаций земляного полотна в насыпи:

**а** – осадка и уплотнение грунта в теле насыпи; **б** – расплывание; **в** – сползание откосов; **г** – сползание насыпи грунта по поверхности косогора; **д** – осадка грунта из-за уплотнения его основания; **е** – осадка из-за выжимания слабого грунта основания из-под насыпи; **ж** – сползание вместе с частью грунта косогора.

Осадка грунта в теле насыпи возникает в результате удаления защемленного воздуха из грунта, поэтому меняется, максимальная плотность достигается при оптимальной грунтов в резерве он разрыхляется и его объем увеличивается. По этой причине количество грунта для насыпи необходимо привезти больше, т.е. с коэффициентом относительного уплотнения. После отсыпки насыпи земполотна оно должно самоуплотняться в течение года, лишь после этого можно приступать к устройству дорожной одежды [30].

В течение года геометрические размеры насыпи могут уменьшаться относительно проектных значений, поэтому перед устройством одежды приходится производить дополнительную досыпку грунта.

Расплывание образуется в результате переувлажнения грунтов насыпей, когда влажность грунтов выше предельной величины. Основной причиной расплывания насыпей на пойменных участках является переувлажнение тела насыпи из глинистых грунтов.

Причинами возникновения оползания откосов насыпей являются завышенная крутизна откосов; недостаточная плотность грунта в зоне откосов; сооружение насыпи из слабых грунтов, непригодных для использования в насыпях.

Земляное полотно является фундаментом дорожной конструкции. При строительстве автомобильных дорог прежде всего нужно обеспечить нормативное уплотнение грунтов земполотна. Их недоуплотнения обязательно приводит к деформациям и разрушениям конструкции дорожной одежды. Земляное полотно дорожной испытывает многие неблагоприятные воздействия природной среды, особенно в рабочей зоне: переувлажнение-высыхание, а также нагрузку от транспортного потока. Динамические нагрузки от транспортных средств приводят к аккумуляции напряжений с переходом их в деформации не только в

конструкции дорожной одежды, но и изменяет геометрические параметры земляного полотна.

Напряжения в земляном полотне автомобильных дорог могут быть упругие и неупругие (остаточные). Упругими считаются такие деформации, после которых земляное полотно восстанавливает свои первоначальные показатели. Остаточные деформации в земляном полотне появляются из-за дополнительного уплотнения оснований, пластического изменения грунтов от движения транспортных средств и упругих напряжений, возникающих в грунтах.

Аккумуляция остаточных деформаций вызывает непрерывное снижение показателей уменьшению прочности и устойчивости земляного полотна, что приводит к разрушению конструкции земляного полотна, затруднениям при движении транспортных средств и снижению безопасности на дороге

Для снижения величины деформаций и разрушений земляного полотна в период эксплуатации автомобильных дорог следует анализировать причины появления подобных явлений. В некоторых случаях нельзя точно установить причины дефектов земляного полотна, особенно на слабых грунтах и в неблагоприятных климатических условиях. В таких случаях проект должен предусматривать необходимые мероприятия для снижения отрицательных воздействий на устойчивость земляного полотна.

Анализ практики строительства автомобильных дорог во Вьетнаме установит выделить основные причины деформаций земляного полотна.

- слабые грунты оснований дорог. Преимущественно это глинистые грунты, которые широко распространены на пойменных участках. В случае затопления такие грунты переувлажняются и могут иметь разную плотность. В таких условиях глинистые грунты легко изменяют свою прочность и несущую способность, что приводит к деформации оснований и явлению просадки основной площадки автомобильных дорог;

- глинистые грунты, уложенные в теле насыпи, могут иметь разную влажность и – как следствие – разную плотность. В этом случае возникает явление спłyва откосов, в которых происходят пластические деформации;

- земляное полотно может разрушаться под воздействием природных факторов, которые подразделяют на погодно-климатические (интенсивность осадков, изменение температуры, высокая солнечная радиация, ветер, влажность и т.д.) и геологические (характеристика грунта, уровень грунтовых вод и т.д.). Вьетнам характеризуется большим количеством осадков и их интенсивностью, средняя температура воздуха всегда составляет 30°C, часто происходят тайфуны, морские бури и т.д. Статистический анализ показывает, что 70% повреждений и деформаций земляного полотна автомобильных дорог во Вьетнаме возникает из-за природных воздействий.

Кроме того, при анализе причин деформаций земляного полотна автомобильных дорог необходимо учитывать динамическое воздействие от транспортных средств: вибрацию полотна, удары колес в стыках ..... и т.д. Все это вызывают снижение несущей способности связанных грунтов на 20-30%. В наибольшей степени несущая способность грунтов снижается под воздействием напряжений от грузовых транспортных средств (до 30-50%, по данным лабораторных испытаний). Повышение доли больше грузовых машин в потоке является одной из основных причин, вызывающих разрушение земляного полотна автомобильных дорог. В настоящее время необходимо решить проблему перегрузки большегрузных машин, нарушающих правила перевозки, разрушающих покрытия.

На пойменных участках дорог во Вьетнаме к числу основных факторов, в наибольшей степени негативно влияющих на состояние насыпей земполотна в процессе эксплуатации относятся:

- муссонные ливни;
- водная эрозия откосов;
- капиллярные поднятия влаги;
- подтопление во время наводнения;
- течение потока вдоль пойменных насыпей;
- воздействие от ветра и судоходства;
- суффозионные деформации;

- кавитация

- карчеход.

Комплексное воздействие этих факторов на земляное полотно на пойменных участках приводит к размыву откоса насыпи. Результатом размыва насыпей автодорог являются оползневые явления, плоскостной и линейный размыв, супфозионный вывал грунта, отложения грунтов на конусах выноса, водотоков. Типовые разрушения от размыва откосов дорожных насыпей автомобильных дорог на пойменных участках приведены на рисунке 1.7 [52].

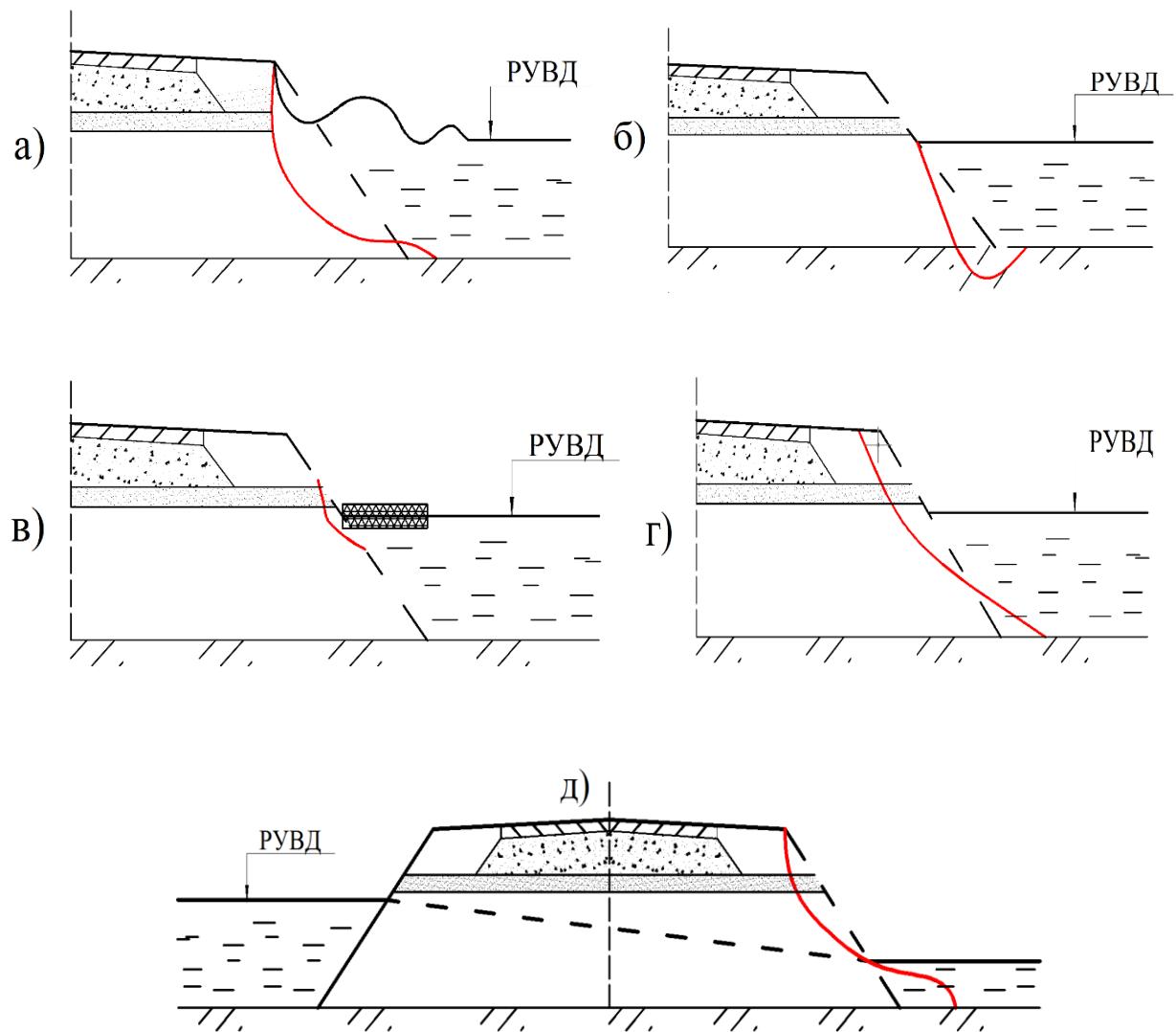


Рис. 1.7. Наиболее типичные виды деформаций и разрушений откосов дорожных насыпей на пойменных участках: а - потеря устойчивости откосов, сплывы от набега ветровых и судовых волн; б - размывы подошвы откосов насыпей от движения водных потоков вдоль насыпи; в - деформации откосов

(частичные или сплошные) от ледохода и карчехода; г - потери устойчивости откосов, сплывы и оплывины от длительного подтопления с периодическим изменением уровня; д - выносы и сплывы в нижней части насыпи от фильтрационных вод.

Дефекты и разрушения дорожных насыпей на пойменных участках от размывов возникают при недостаточной гидрометеорологической обоснованности проектных решений для строительства.

Основными причинами нарушения откосов и склонов являются:

- устройство недопустимо крутого откоса или подрезка склона, находящегося в состоянии, слишком близком к предельному значению;
- увеличение внешней нагрузки;
- изменение внутренних сил;
- неправильное назначение расчетных характеристик прочности грунта или снижения сдвига из-за повышения влажности;
- проявление гидродинамического давления и динамические воздействия.

### **1.3. Мероприятия, применяемые для обеспечения устойчивости земляного полотна автомобильных дорог на пойменных участках**

На пойменных участках основным повреждением и разрушением земляного полотна автомобильных дорог является размыв откосов насыпей под воздействием течения поверхностных вод. Поэтому конструктивные мероприятия по применению защитных откосных несущих конструкций для снижения величины ударно-сдвигающих нагрузок, формирующихся в грунте земляного полотна и конструкции дорожных одежд от перечисленных выше причин являются оптимальными.

Назначение защищающих откосы и конуса мероприятий зависит от физико-механических параметров земляного полотна, конструкции поперечного профиля, погодно-климатических факторов, режима подтопления. Мощность укрепления в период жизненного цикла сооружения прочность и устойчивость земляного полотна на весь период эксплуатации.

Способы укрепления откосов автомобильных дорог для защиты от размыва уже исследовали профессоры Перевозникова Б.Ф., Львович Ю.М., Яковенко В.Г., Байнатова Ж.Б. и др. Существуют различные способы укрепления откосов, но учет типов и свойств применяемых грунтов, позволяет подобрать наиболее целесообразный вид укрепления..

Для строительства земполотна на пойменных участках, возведенных из песчаных грунтов, а также насыпей, постоянно находящихся в воде из-за подтопления, целесообразно устройство берм. Подобная конструкция давно используется в зоне озер. Участок, находящийся постоянно в воде подвержен воздействию волн. Поэтому насыпи автомобильных дорог испытывают не только под воздействием гидравлических факторов, но и волновое воздействие. При высоком волнении предлагается использовать защитные конструкции из связных грунтов для укрепления откоса автомобильных дорог [53] (рис. 1.8).

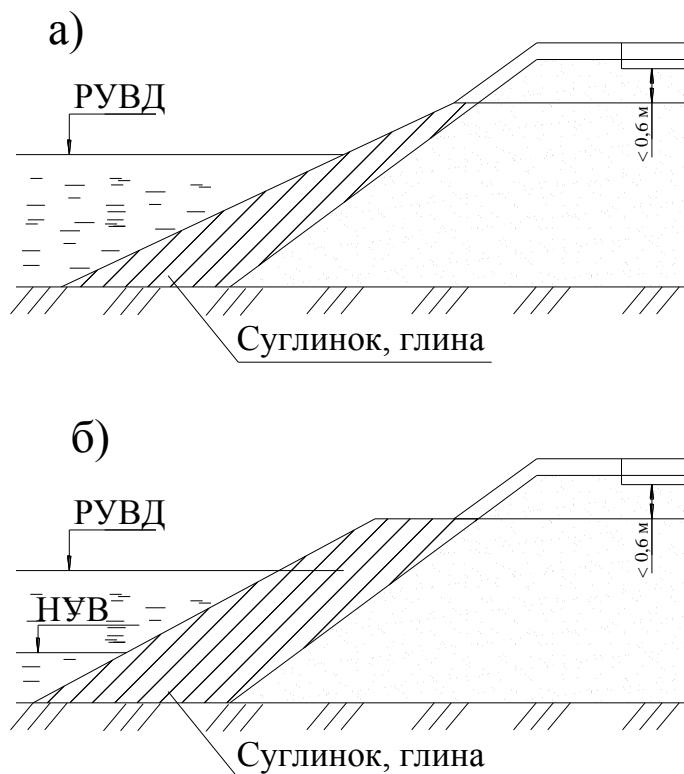


Рис. 1.8. Защитные конструкции из связных грунтов при высотах волн: **а** - для укрепления откосов пойменных насыпей; **б** - в зоне станций и озер.

Ширина бермы рассчитывается по формуле:

$$B = 0,5 (H_p + h_H)(m_b - m_1),$$

где  $H_p$  - глубина воды при расчетном уровне высокой воды (РУВВ) требуемой вероятности превышения;

$h_H$  - высота волны с набегом, м;

$m_1$  - заложение откоса при свободной отсыпке грунта в воду (при 1:2 - 1:3);

$m_b$  - заложение откоса, устойчивого к волновому воздействию и определяемое для связных грунтов в зависимости от высоты волны без набега ( $h_b$ ) (таб. 1.4) по следующему соотношению [53]:

Таблица 1.4.

Параметры откосов, устойчивых к волновому воздействию

$h_b$ , м	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
$m_b$	3	5	7,5	10	15	15

В настоящее время распространенным и эффективным мероприятием для защиты поверхности откосов от деформаций, связанных с разрушением их местной устойчивости, является использование плоских и объемных георешеток. Георешетки широко применяют во многих странах, особенно для укрепления откосов из слабых (глинистых) грунтов, склонных к набуханию при увлажнении (рис.1.9).

Георешетки представляют собой защитные и армирующие конструкции; они предлагаются промышленностью с широким диапазоном свойств. Использование георешеток обеспечивает повышение несущей способности защищаемой конструкции. Георешетка изготавливается из синтетических материалов, которые предстают в виде плоской или объемной структуры (рис. 1.9). Для ее производства применяют листы из полиэфира, ленты их плотного полиэтилена или полипропилена. Отдельные фрагменты объединяются с помощью термической сварки при нагреве [4].



Рис. 1.9. Укрепления откосов насыпей с помощью георешетки

Из объемной георешетки на поверхности откоса образуется ячеистый каркас, который заполняется грунтом или песчано-гравийной смесью.

Георешетки в больших масштабах применяют на слабых грунтах основания с целью увеличения прочности и устойчивости земляного полотна. Георешетками также защищают склоны рельефа и откоса, от оползневых проявлений. Георешетки являются одним из самых долговечных армирующих материалов. Экспериментальная проверка их применения свидетельствует о том, что максимальный срок использования георешетки достигает сто лет. Георешетки обладают высокой устойчивостью перед вредными дорожными химическими веществами, такими как горючесмазочные материалы, кислоты, щелочные растворы, и др.

Применение георешетки для укрепления откосов требует значительных затрат на строительство, что в условиях Вьетнама нерационально. Поэтому для решения этой проблемы рекомендуется применение геотекстиля, который может быть тканым и иглопробивным. В процессе производства георешеток применяется термическая или ультразвуковая сварка. Для соединения полотнищ из геотекстильных материалов, используют сшивание, которое обеспечивает высокопрочные соединения. Такая технология удобна и экономично. Использование геотекстильных полотнищ просто в монтаже, и для укладки не

требуется подъемно-транспортное оборудование. Для защиты подтопляемых откосов в условиях легкого гидрологического режима целесообразно применение укрепление геотекстилем (рис. 1.10).

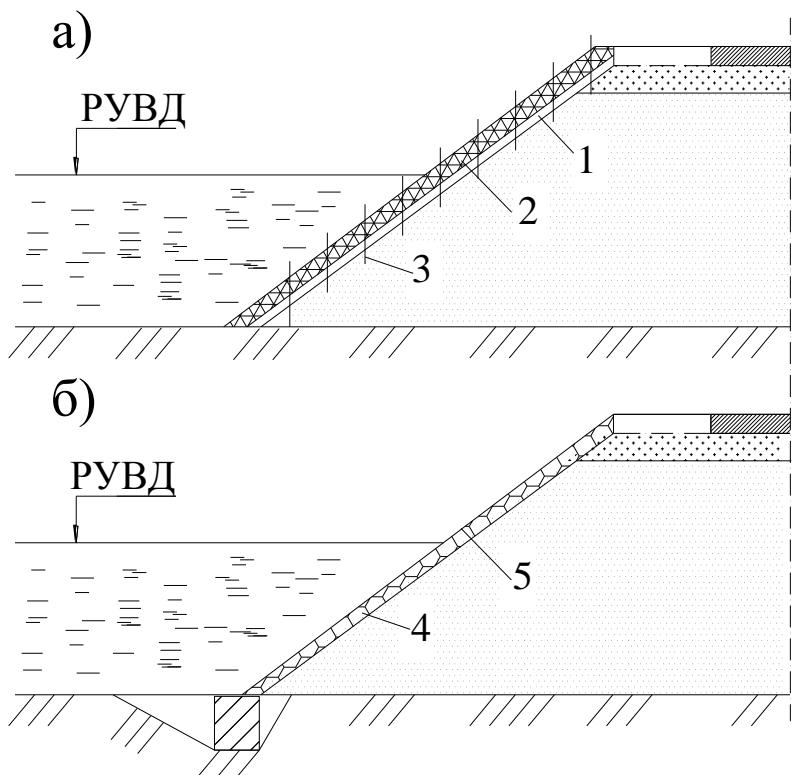


Рис. 1.10. Схема применения геотекстиля в условиях подтопления [32]:

**а** – тип 3; **б** - геотекстиль в типах 5,9,10,11; 1 - растительный грунт с гидропосевом; 2 - полимерная сетка с ячейками 4'4 мм с нитью толщиной 2 мм; 3 - ивовые черенки; 4 - геотекстиль; 5 - сборные или монолитные бетонные, железобетонные плиты.

Для обеспечения устойчивости низких частей пойменных насыпей при возможности размыва или понижения от развития эрозии для укрепления откосов (рис. 1.11)можно применять каменную наброску. Такая конструкция широко применяется в Японии и др. Это мероприятие просто для укрепления, экономичнее, применяется в различных условиях, особенно для территориях, имеющих неблагоприятный климат.

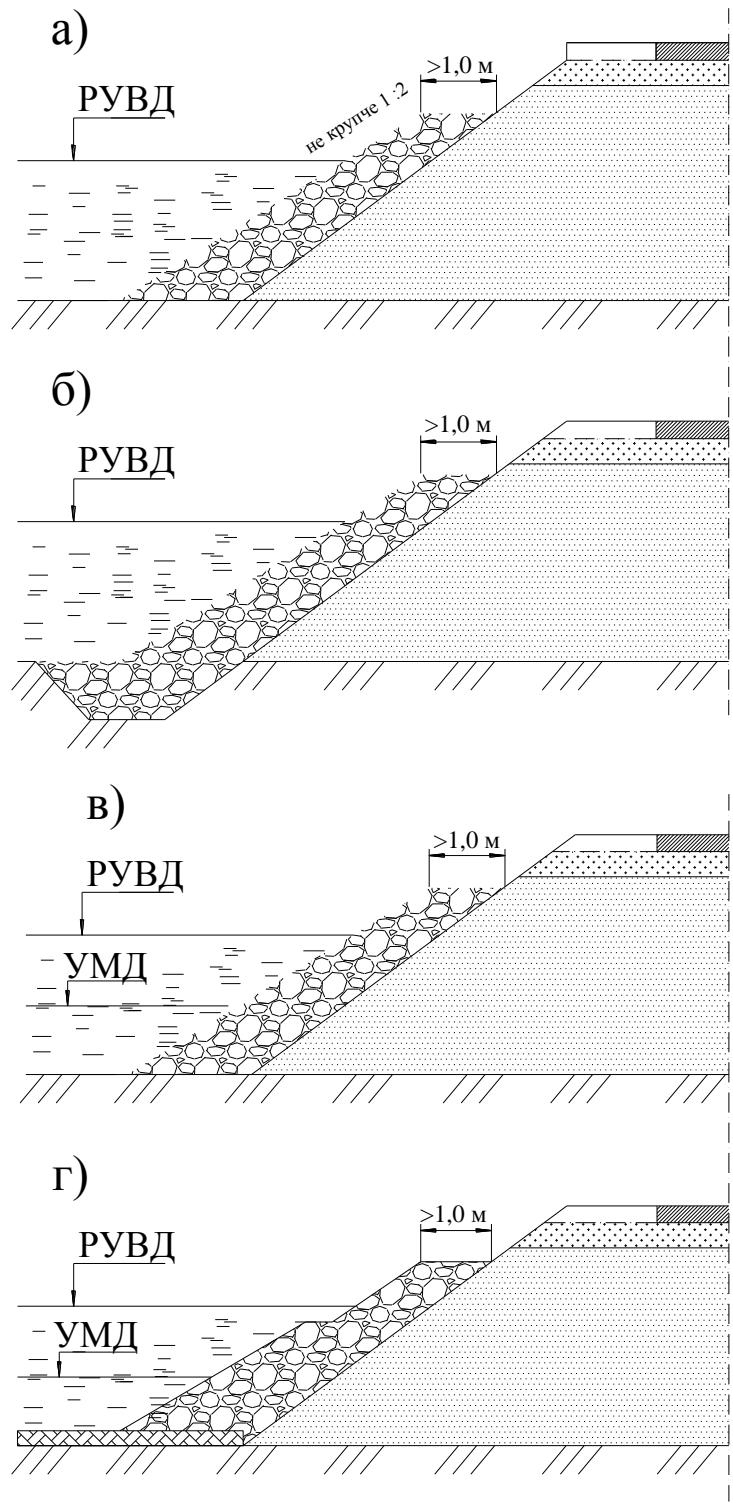


Рис. 1.11. Схема укрепления подтопляемых откосов каменной наброской:  
**а** - равномерным слоем; **б** - с упорной призмой; **в** - с бермой при наличии  
 меженных вод; **г** - то же, с тюфячным укреплением [53].



Рис. 1.12. Работы по укреплению откосов земляного полотна каменной наброской на пойменных участках в г. Да Нанг

С целью защиты подтопляемых участков земполотна на пойме при скорости течения водного потока до 3 м/с, высоте волн до 0,7 м и карчеходе следует применять бетонные плиты [38]. В случае их применения необходимо учитывать возможность размывов у подошвы насыпей (рис. 1.13). Толщина и размер плит назначается по расчету в зависимости от скорости течения воды, высот волн и заложения укрепляемого откоса. Бетонные плиты можно укладывать на откосах не круче 1:2 из дренирующих грунтов с коэффициентом фильтрации  $\geq 0,5$  и после полной стабилизации насыпи. Изготавливают плиты из гидротехнического бетона марки 200. Марка бетона по водопроницаемости применяется с учетом интенсивности климатических условий муссонных дождей.



Рис. 1.13. Укрепление береговых откосов бетонными плитами на пойменных участках в г. Тханг Хоа (Северный Вьетнам)

Кроме того, при новом строительстве автомобильных дорог, располагаемых вдоль рек и водоемов, можно построить защитные сооружения с размещением конусов мостов, путепроводов, дамб, траверс в русловых зонах и прибрежной части. Подобные сооружения могут быть в виде струенаправляющих дамб, подпорных стенок из монолитного и сборного железобетона, откосных укреплений, пляжеудерживающих, подводных волноломов, траверс, волноотбойных и волногасящих.

Для насыпей автомобильных дорог на поймах рек при больших глубинах размыва (5-8 м) можно применять регуляционные и укрепительные сооружения в виде стены в грунте (рис. 1.14). Их уже использовали на крупных реках Азии для укрепления откосов насыпей на пойменных участках. Опыт конструкций «стена в грунте» использования показывает, что такая конструкция служит без ремонта и восстановления не более 2-3 лет [60].

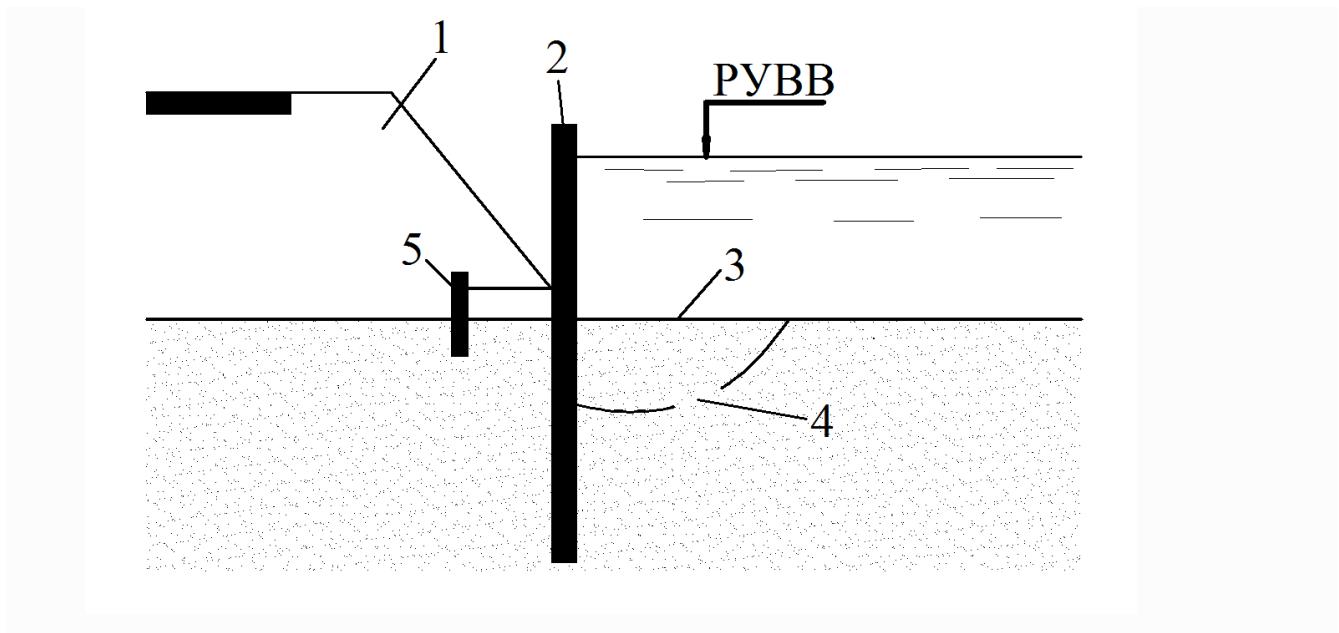


Рис. 1.14. Конструкция регуляционного сооружения:

1 – насыпь подходов; 2 – стена в грунте; 3 – дно реки; 4 – контур местного размыва; 5 – анкерное устройство.

Траверсы и шпоры устраивают из местного грунта, с предохранением откосов от размыва в виде сплошных насыпей или сквозного типа. Сквозные поперечные сооружения могут быть:

- массивные бетонные или железобетонные конструкции со сквозными зазорами между блоками;
- буны из бетонных плит, установленных наклонно
- колодцы, из железобетонных свай заполненные камнем;
- сборные конструкции их двух рядов свай или свае оболочек, между которыми смонтированы отдельные балки;
- сборные железобетонные ныряющие секции с парными шарнирными связями и наклонным гребнем к течению воды;
- затопляемые полузапруды из бетонных элементов.

На реках Таджикистана применяются главном образом два вида берегоукрепительных сооружений: монолитные подпорные стенки с глубиной заложения фундамента ниже линии размыва; бесфундаментные стенки с облегчающими тюфяками; дамбы из каменной наброски с облицовкой бетонными

плитами или бетонным слоем (капитального типа); в виде наброски из крупногабаритного камня, бетонных массивов и т.п. (временного типа) [23].

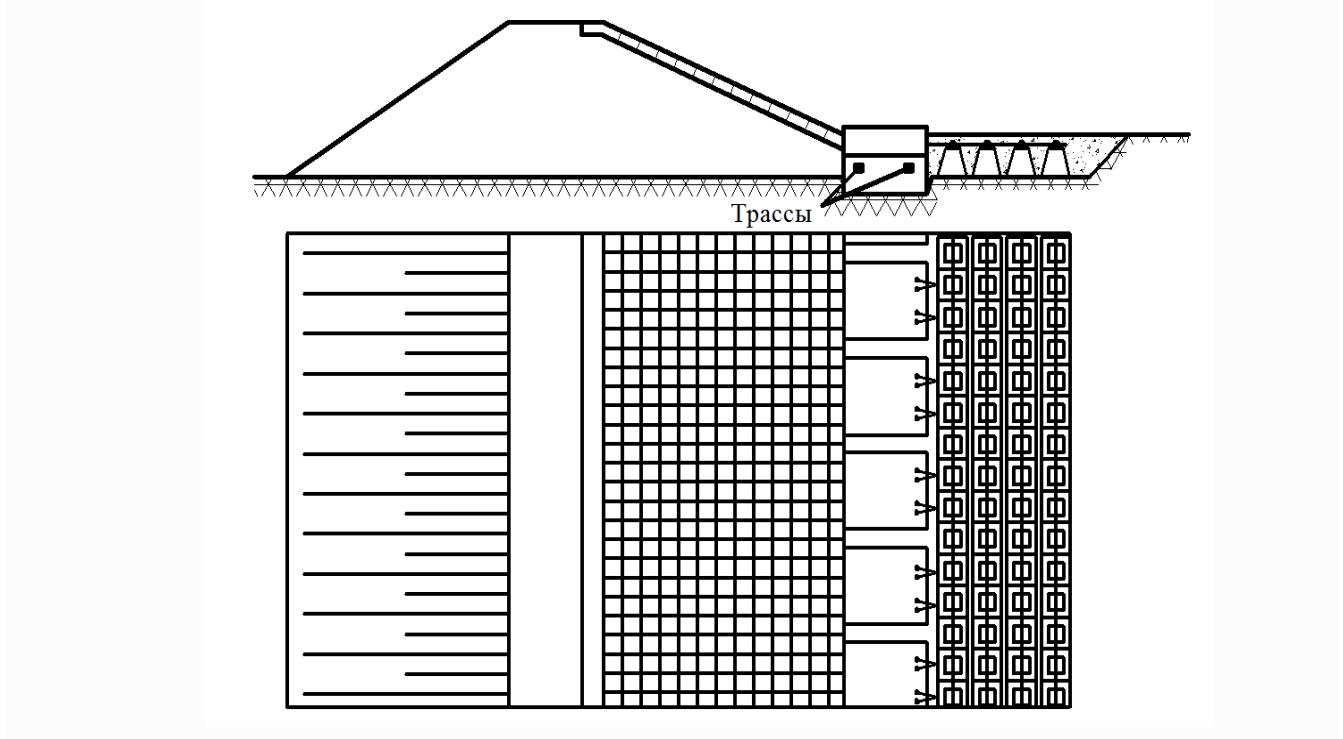


Рис. 1.15. Разрез и план нового берегоукрепительного сооружения

#### 1.4. Цель и задачи исследования

Целью исследования является разработка методологии защиты земляного полотна автомобильных дорог с помощью траверс на пойменных участках от суффозионного и кавитационного воздействия на основе результатов исследования причин их возникновения в условиях Вьетнама.

#### **Задачи исследования:**

- на основе отечественного и зарубежного опыта эксплуатации установить причины и закономерности деформаций земляного полотна вьетнамских дорог на пойменных участках;
- исследовать влияние кавитации на размыв грунтов при наличии траверс в условиях движения воды вдоль насыпи на пойменных участках.
- разработать методику расчётов геометрических параметров траверс для защиты откосов пойменных насыпей вьетнамских автомобильных дорог от кавитационных и суффозионных деформаций;

- предложить рекомендации по инженерной защите откосов пойменных насыпей вьетнамских автомобильных дорог от кавитационных и супфозионных деформаций;

### **1.5. Выводы по главе 1**

1. Под воздействием природных катализмов в условиях Вьетнама земляное полотно автомобильных дорог разрушается, и возникает провал дорожного покрытия, размыв и эрозия откосов. Эрозия и размыв откосов обнаруживают себя на пойменных участках после подтопления и наводнения. Откосы автомобильных дорог очень часто подвергаются размывам вследствие разрушающего действия стока по ним дождевых и талых вод, а также селевых потоков.

2. В результате внешних воздействий может происходить деформация земляного полотна с потерей геометрически правильных очертаний земляного полотна: осадка и раз уплотнение грунта в теле насыпи, сползание, сползание откосов, сползание насыпи грунта по поверхности косогора, осадка из-за уплотнения грунта основания, осадка из-за выжимания слабого грунта основания из-под насыпи, сползание вместе с частью грунта косогора.

3. К разрушениям от размыва дорожных насыпей автомобильных дорог в пойменных участках относятся оползни, обвалы, плоскостная и линейная эрозия, русловые процессы, формирующие отложения твердого стока на конусах выноса и др.

4. На практике применяются различные мероприятия для защиты земляного полотна и откосов автомобильных дорог на пойменных участках. Выбор мероприятий по укреплению откосов и тела земляного полотна зависит от физико-механических свойств грунтов земляного полотна, погодно-климатических факторов, гидрологического режима подтопления, высоты насыпи. Конструкция укрепления является основным из комплекса факторов, обеспечивающих прочность и устойчивость земляного полотна на весь период эксплуатации.

## **ГЛАВА 2. ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ДЕФОРМАТИВНОЙ УСТРОЙЧИВОСТИ ДОРОЖНОЙ СЕТИ НА ПЕРЕХОДАХ ЧЕРЕЗ ПОЙМУ РЕК В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО ВЬЕТНАМА**

### **2.1. Природно-климатические условия Северного Вьетнама, оказывающие влияние на состояние дорожно-транспортной инфраструктуры**

Северный Вьетнам граничит с Китаем на севере, на западе – с Лаосом и на востоке омывается Восточным морем. Северный Вьетнам имеет координаты от  $23^{\circ}23'$  с. ш. до  $8^{\circ}27'$  с. ш. Протяжение территории по направлению север-юг составляет 1 650 км, а ширина по направлению восток-запад составляет 500 км [112].

#### **Климат**

Северный Вьетнам расположен в области субэкваториального муссонного климата. Тропический климат территории характеризуется делением года на два сезона.

- Лето (сезон дождей) длится с мая по сентябрь, температура и влажность высокая с большим количеством дождей из-за явления юго-западного муссона;
- Зима (сухой сезон) длится с ноября по март последующего года, температура и влажность низкая с маленьким количеством дождей из-за влияния северо-восточного муссона.

С двумя переходными периодами в апреле и октябре, на территории Северного Вьетнама выделяются все 4 сезона: весна, лето, осень и зима.

Территория Северного Вьетнама можно разделить на 4 климатических районов: Северо-западный, Северо-восточный, равнинная дельта р. Красная, Южный, границы их приведены на рис. 2.1., а климатические характеристики в таблице 2.1.

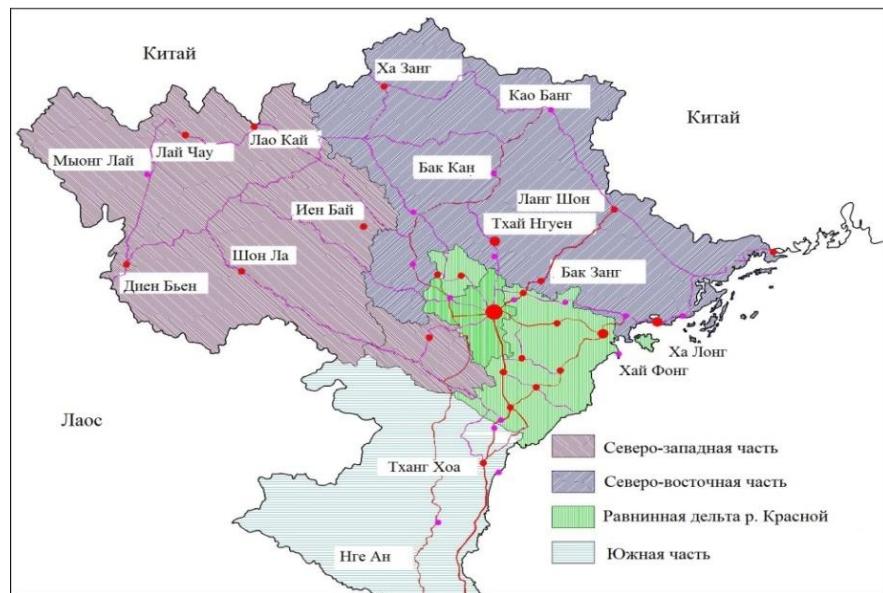


Рис. 2.1. Климатические зоны в Северном Вьетнаме

Таблица 2.1

Показатели региональных климатов [112]

<b>Зоны</b>	<b>Северо-западная часть</b>	<b>Северо-восточная часть</b>	<b>Равнинная дельта р. Красной</b>	<b>Южная часть</b>
Средняя годовая температура (°C)	18-22	18-23	23-24	23-25
Максимальная температура (°C)	38-41	38-41	38-41	40-42
Минимальная температура (°C)	-2-2	-2-2	2-5	3-8
Среднее годовое количество осадков (мм)	1200-2000	1400-2000	1400-1800	1400-2000
дождливое время	апрель-сентябрь	апрель-октябрь	май-октябрь	август-декабрь
самый дождливый месяц	июнь-август	июнь-август	июль-август	август-октябрь
Средняя влажность (%)	82-85	82-85	84-85	84-86
Объем испарения (мм)	800-1000	600-1000	700-800	700-1000

На таблицах 2.2.-2.4. представлены усредненные данные многолетних наблюдений на метеостанциях, расположенных в Северном Вьетнаме, по количеству осадков, температуре и влажности.

Под влиянием муссонов температура воздуха в северном Вьетнаме разделяется на два сезона.

В летние месяцы (с мая по октябрь), средняя температура изменяется от 24 до 29 °C. Зарегистрированный абсолютный максимум на этой территории – 38 и 41 °C.

На зимний месяцы (с ноября по апрель следующего года), средняя температура изменяется от 14 до 17 °C. Зарегистрированный абсолютный максимум на этой территории – -2 и 5 °C.

Средняя влажность воздуха в Северном Вьетнаме изменяется от 79 до 84 %. В первые зимние месяцы (ноябрь и декабрь) влажность воздуха минимальна. В сезон дождей влажность воздуха достаточно высокая.

Таблица 2.2.

Средне многолетнее количество осадков, мм

Зоны	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Всего за год
Северо-западная часть	18	26	48	115	187	255	265	268	136	65	35	16	1433
Северо-восточная часть	25	25	49	87	184	236	272	260	138	83	43	21	1422
Равнинная дельта р. Красная	18	19	34	105	165	266	253	274	243	156	59	20	1611
Южная часть	22	27	40	56	137	193	187	275	409	288	87	27	1747

Таблица 2.3.

Средне многолетнее температура, °C

Зоны	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Годовая
Северо-западная часть	14,9	16,6	20,2	23,2	24,8	25,1	25,1	24,7	23,7	21,5	18,2	15,3	21,1
Северо-восточная часть	13,8	15,1	18,8	22,9	25,9	27,0	27,0	26,7	25,4	22,5	15,5	15,1	21,6
равнинная дельта р. Красная	16,4	17,2	20,2	23,9	27,4	28,9	29,2	28,6	27,5	24,9	21,5	18,2	23,6
Южная часть	17,0	17,9	20,4	24,1	27,7	29,4	29,7	28,7	26,9	24,5	21,5	18,7	23,9

Таблица 2.4.

Средне многолетнее количество влажности, %

Зоны	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Годовая
Северо-западная часть	78,6	75,4	72,2	74,3	77,8	83,3	85,1	85,9	84,2	82,2	80,6	78,8	79,9
Северо-восточная часть	84,9	84,2	82,8	81,8	80,9	84,4	86,2	85,8	84,1	83,7	83,8	84,3	83,9
равнинная дельта р. Красная	80,9	83,4	85,9	86,0	82,3	81,5	81,6	83,8	82,3	80,3	78,3	77,8	82,0
Южная часть	85,3	88,2	90,3	89,3	83,8	80,9	80,2	84,4	85,4	83,8	81,7	81,7	84,6

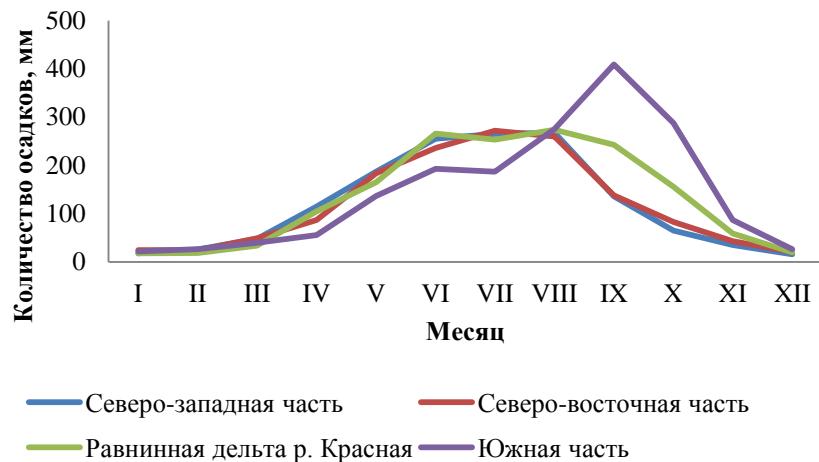


Рис. 2.2. Среднее многолетнее количество осадков, мм

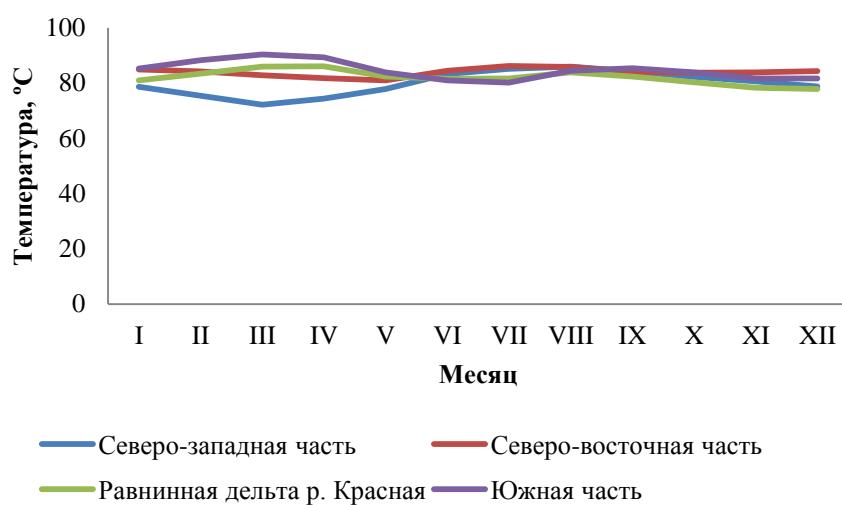


Рис. 2.3. Средняя многолетняя температура, °C

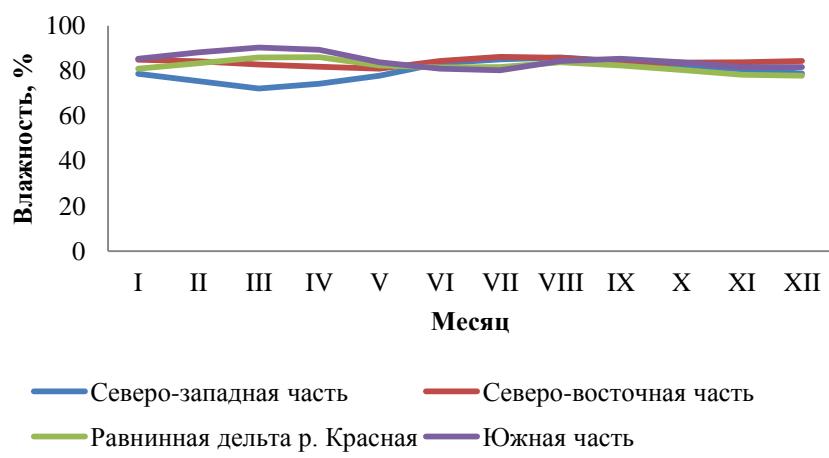


Рис. 2.4. Средние многолетние показатели влажности, %

## 2.2. Топографические особенности Северного Вьетнама

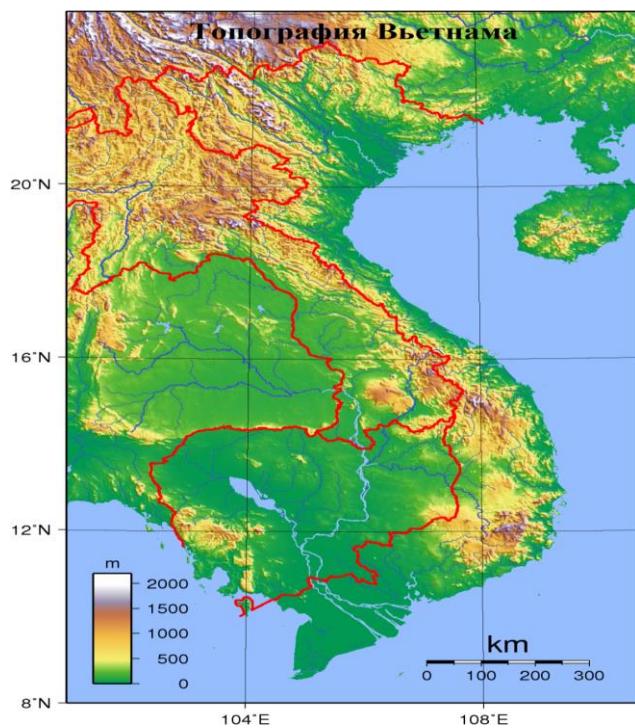


Рис. 2.5 Топография Вьетнама

Территория Вьетнама вытянута в меридиональном направлении (расстояние между крайними северной и южной точками – ок. 1750 км), а в широтном направлении ее протяженность от 616 км на севере (от Монгкая до вьетнамско-лаосской границы) до 46,5 км в центральной части (в области Чунгбо). Длина береговой линии, напоминающей букву S, составляет 3260 км. Положение Вьетнама на стыке нескольких природных зон, а также наличие древней геологической структуры определяют разнообразие его природных условий. Рельеф страны большей частью горный. Более трех четвертей территории занимают горы, плато и плоскогорья. Вьетнаму принадлежат также острова и архипелаги. Наиболее крупные из них – Байтылонг, Кото, Катба, Кондао в Южно-Китайском море, Фукуок в Сиамском заливе и др. Площадь континентального шельфа – ок. 500 тыс. кв. км. От соседних государств Вьетнам отделяют горные хребты.

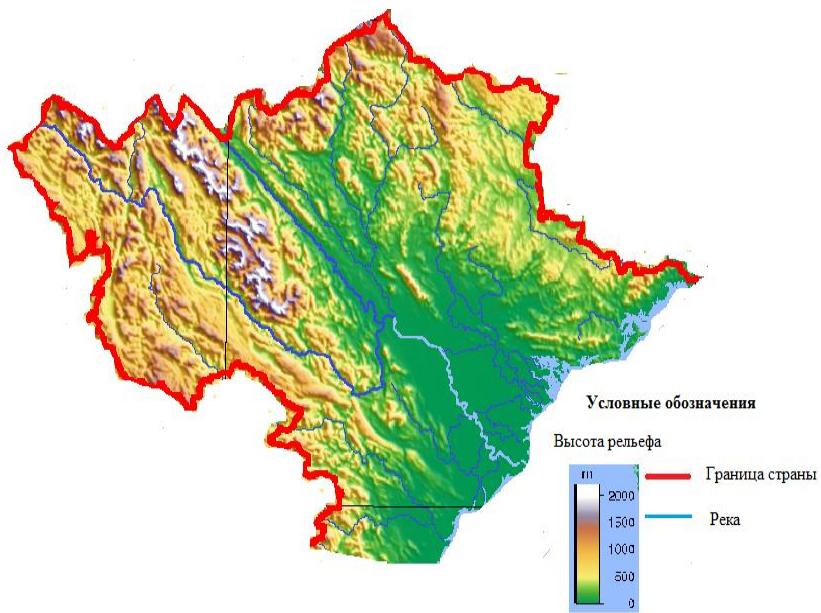


Рис. 2.6. Топография Северного Вьетнама

В Северной части Вьетнама от северной границы страны в юго-восточном направлении протянулся хребет Хоангльеншон (в переводе «Главная горная гряда»), образующий водораздел рек Хонгха (Красная) и Да. В пределах этой гряды на протяжении всего ок. 200 км имеются несколько пиков с высотными отметками более 2500 м, в том числе самая высокая гора Индокитая Фаншипан (3143 м). Далее к западу, вплоть до границы с Лаосом, прослеживается серия более низких параллельных хребтов с вершинами от 1600 до 2100 м. Правые притоки р.Хонгха, пересекающие горы Хоангльеншон, имеют узкие каньонообразные долины. Хотя горные склоны обычно покрыты лесом, в дождливое время года нередки оползни, камнепады и сели.

На равнины во Вьетнаме приходится всего четверть всей территории, но именно там сосредоточена основная хозяйственная деятельность. Наиболее обширные равнины сформированы дельтами рек Хонгха на севере. Между ними тянется цепочка узких береговых равнин и дельт относительно небольших рек.. Другие крупные реки – Ма, Ка, Тхубон.

Равнина площадью ок. 15 тыс. кв. км в низовьях р.Хонгха (ее протяженность на территории Вьетнама ок. 510 км) сложена голоценовым аллювием, который отлагался на дне древнего мелководного залива. Абсолютная высота поверхности

дельты менее 25 м. На аллювиальных отложениях сформировались исключительно плодородные почвы. Лишь на северной и южной периферии этой равнины распространен более древний аллювий. Местами возвышаются сложенные известняками останцы, песчаные дюны и морские террасы. Благодаря большому объему твердого стока рек их дельты ежегодно выдвигаются в море на расстояние до 100 м. Поскольку дельта Хонгха заселена уже на протяжении нескольких тысячелетий, естественный растительный покров в основном уничтожен и она претерпела существенные антропогенные изменения. За многие века для предотвращения наводнений вдоль речных берегов были возведены ок. 3000 км дамб. Хонгха, как и другие реки области Бакбо (Да, Ло, Тхайбинь), отличается резким перепадом уровня во время дождливого и сухого сезонов – от 30 тыс. до 700 куб. м.

Рельеф является результатом взаимодействия экзогенных процессов. В целом рельеф территории Северного Вьетнама понижается по направлению с северо-запад на юго-восток и соответствует простираясь горных систем Тайтанг. Отличительной чертой рельефа во Вьетнаме является то, что холмистый, горный рельеф и плато занимают три четверти территории. Можно выделить следующие формы рельефа:

- Горы располагают главным образом в Тайбак, Донгбак, Чыонгшон представлены массивными формами или хребтами. Самая высокая вершина (Фансипан - 3143 м. над мором) находится на хребтах Хоангленьшон в Тайбаке. Имеются ряд рельефных ступеней на высотах: 2100-2200 м., 1500-1700 м., 1000-800 м., 600-300 м. Более 60 % общей территории лежит ниже высоты 1000 м. над уровнем моря. Главными особенностями горного рельефа является большая крутизна склонов (часто более 15 градусов), большое глубинное расчлечение (от 200 м. и более 1000 м./км<sup>2</sup>).

- Равнины имеет разное происхождение: аккумулятивное (речное, морское, озерное, болотное), денудационное или комплексное. Большие равнины имеют аллювиальное происхождение (в долинах рек Хонг).

- Для плато характерна ровная и волнистая поверхность. Они образованы на базальтовых или известняковых породах и находятся на высотах примерно от 300 м. до 2000 м.
- Холмы распространены в переходной зоне от равнин к горам и плато.
- Приморские устья представляют собой результат совместных воздействий речных и морских процессов. Особенность устья зависит от динамики речного стока и морских течений.

Рельеф морского побережья связан с историей развития берега, динамикой речного стока и морского течения и процессом переноса наносов. В общем морской берег имеет тенденцию к поднятию и абразии, хотя в некоторых местах проходит аккумуляция и затопление.

Поверхность территории имеет наклон по направлению северо-запад- юго-восток ( по течению реки Красной). Абсолютные отметки уменьшаются с севера (от 400м) к югу и с запада (от 1200 м) к востоку до средней высоты 5-20 м. Из-за особенностей рельефа в сезон дождей происходит затопление территории в равнинной дельте реки Красной.

### **2.3. Мероприятия по защите территорий дельты реки Красной от затопления в Северном Вьетнаме**

Бассейн р. Красной является комплексом трансграничных речных бассейнов, протекающих через три страны Вьетнам, Китай, Лаос с общей площадью 169.000 км<sup>2</sup>. Дельта р. Красной находится на территории Вьетнама и имеет площадью 17.000 км<sup>2</sup>. Длина реки во Вьетнаме составляет около 328 км.

Бассейн р. Красной имеет 90% площади в гористой местности, приток воды прежде всего формируется дождями. Таким образом, наводнение с затоплением территории образуется в сезоне дождей, вызывающие большой материальный ущерб и угрозу для жизни людей.

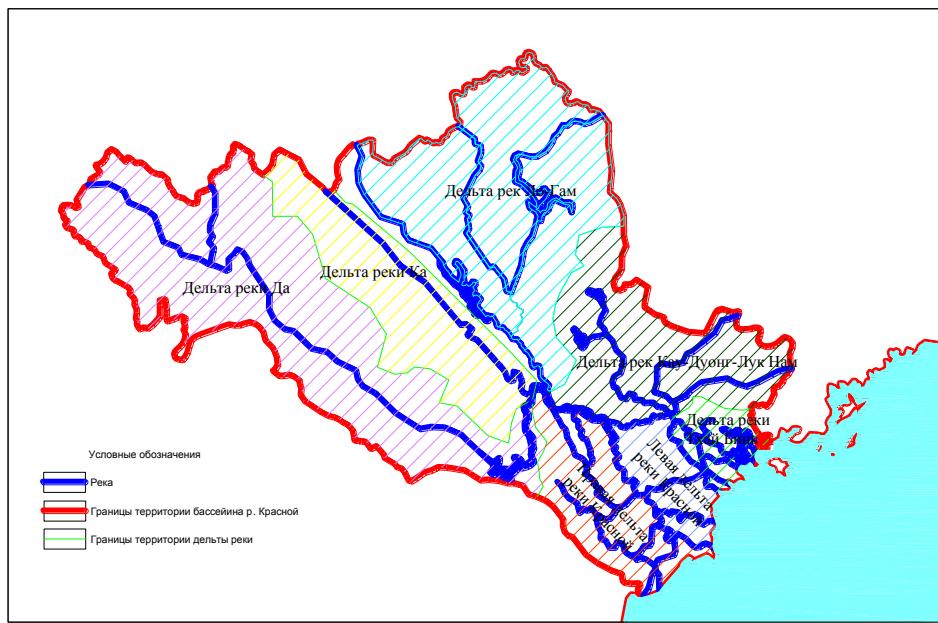


Рис. 2.7. Бассейн реки Красной

Рельеф бассейна р. Красной имеет направление склона с северо-запада на юго-восток. Общий рельеф территории гор, истый примерно 70 % площади располагается на высоте 500 метров и около 47 % площади на высоте более 1000 м. Средняя высота бассейна около 1090 м.

Дельта р. Красной имеет высоту от 0,4 – 9м от уровня воды Южно-Китайского моря. Площадь с глубиной менее 2 м в дельте р. Красной составляет 72 %. Дельта р. Красной можно повергаться угрозе затопления при повышении уровня воды Южно – Китайского моря, если нет системы защитных дамб.

Дельта р. Красной подвергается постоянной угрозе затопления при выпадении осадков с сезон дождей под влиянием муссонов и тайфунов (70%). Сезон муссона начинается с конца мая и продолжается до начала ноября. Количество осадков в сезоне муссона составляет 80- 85 % от общегодового объема.

Большая часть г. Ханоя расположена на правом берегу реки Красной. Рельеф г. Ханоя имеет 3 типа: горный, холмистый и равнинный. Равнинный тип находится на правом берегу реки Красной. Он занимает около 54,5 % от общей

площади территории г. Ханоя [Книга Вьетнам]. Равнина имеет наклон по направлению северо-запад-юго-восток (по течению реки Красной). Высота уменьшается с 12-15 м (в районах Фуктхо, ДанФыонг) до 3-5м над уровнем моря (в районах Фусуен, ЙонгХоа, Мидык, Чыонгми). Однако некоторые микрорайоны города имеют высоту около 2 м ниже уровня моря. Низкий рельеф приводит к затоплению центральной части города во время сильных дождей.

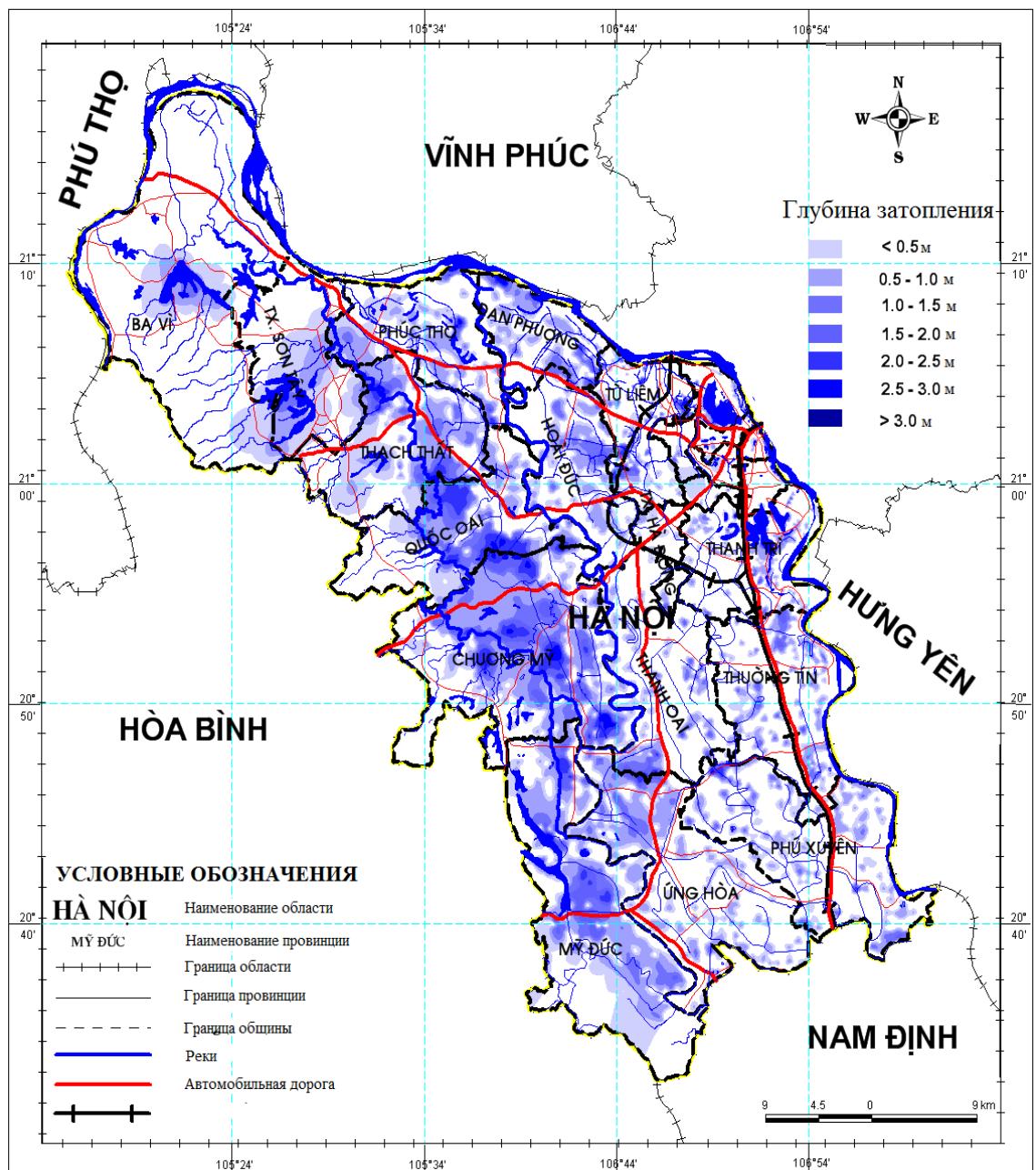


Рис. 2.8. Затапливаемые территории г. Ханоя в 2013 г

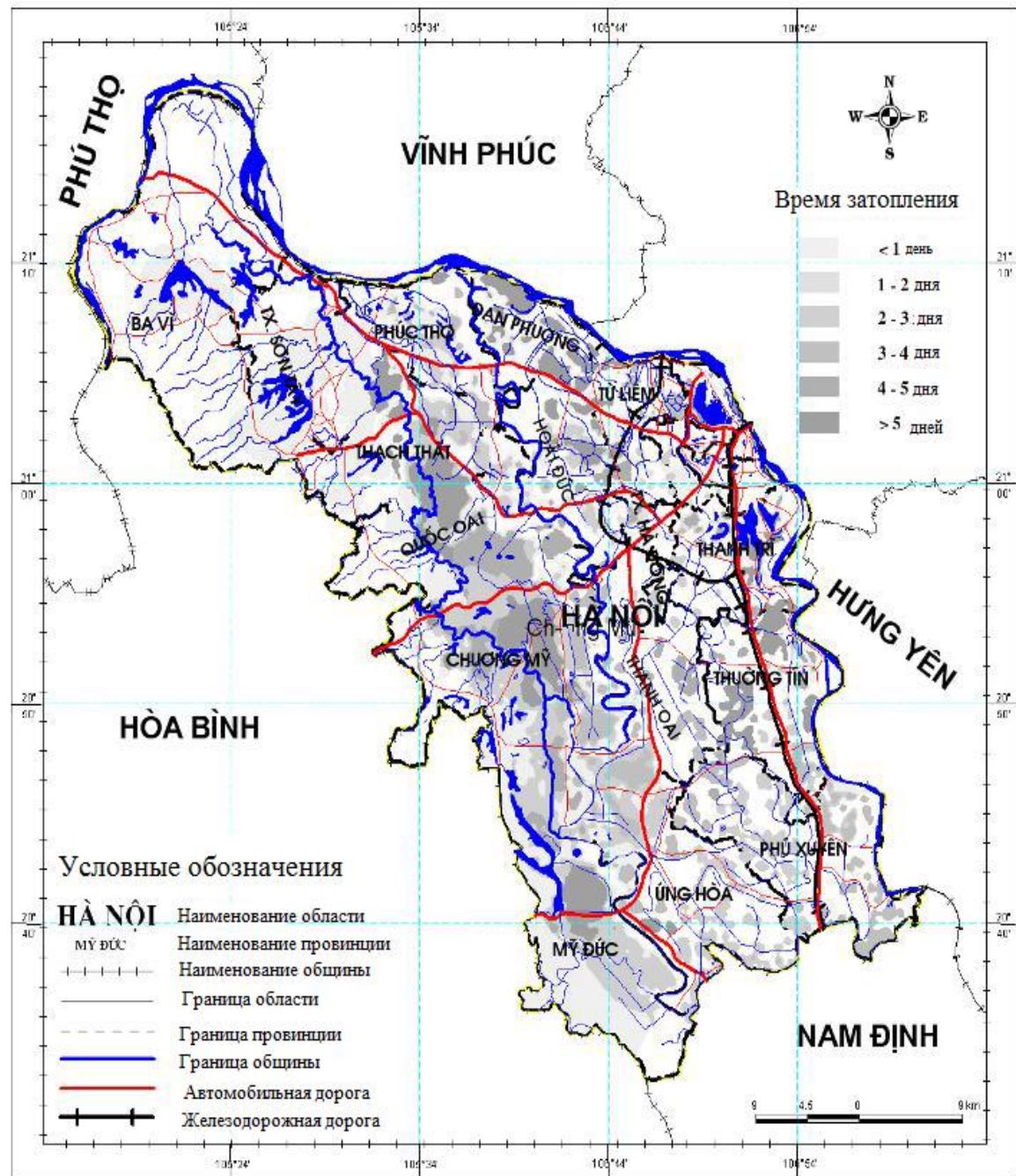


Рис. 2.9. Время затопления на территории г. Ханоя в 2013 г

Общий объём стока р. Красной составляет около 135 млрд м<sup>3</sup>/год. На протяжении года количество воды в реке Красной не постоянно. Затопление в дельте р. Красной быстро проходит. Уровень воды наводнения быстро поднимается и уменьшается и имеет большую амплитуду (средний годовой уровень составляет от 5м до 8 м в равнинных территориях, максимальный уровень достигается до 8 м – 14м). Паводки в дельте возникает из-за тропического

климата, муссонных дождей, бури.... Сильные дожди всегда идут в августе каждого года.

Каждый год на территории дельты р. Красной возникает 3-5 наводнений. В зависимости от масштаба наводнения, время наводнения увеличивается от 3-5 дней, до 5-7 дней. Большая часть реки на дельте р. Красной имеет систему дамб общим протяжением до 5 000 км. Такая система обеспечивает 90 – 95% защиты от затопления в г. Ханой, а в остальных областях только 5-10%.

В настоящее время на дельте р. Красной в эксплуатации находится 4 плотины и 6 – запланировано построить в будущем (рис.2.10). После строительства этих сооружения на территории дельты р. Красной, площадь затапливаемых территорий будет уменьшаться.

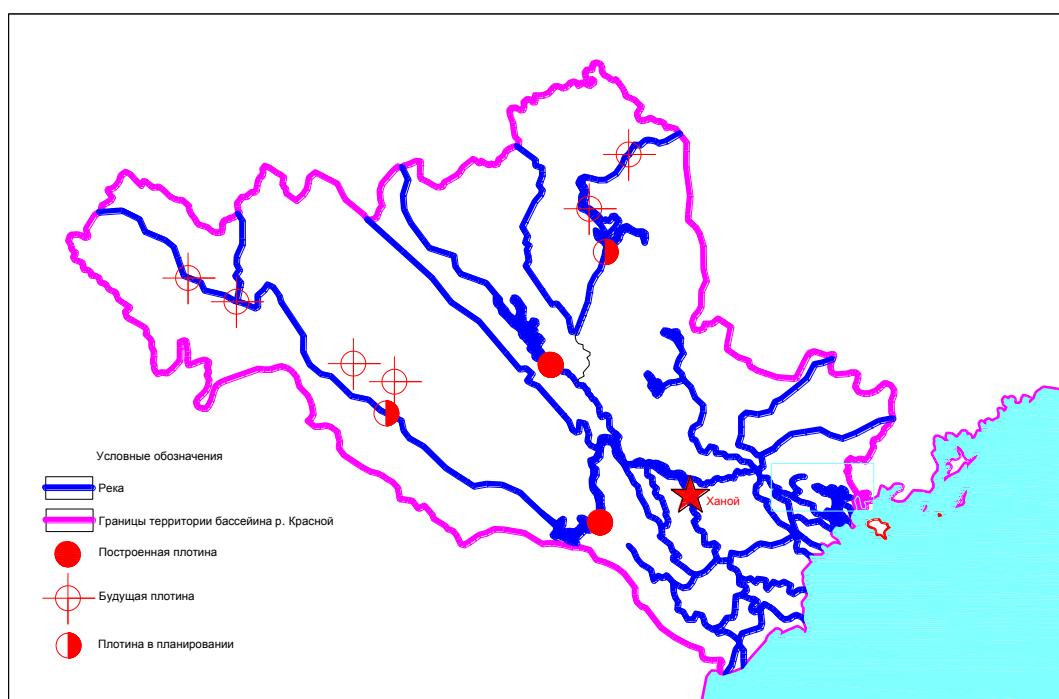


Рис. 2.10. Плотины в бассейне реки Красной

Система дамб дельты р. Красной был построена давно, представляющий собой систему защиты из земляного грунта по времени за счет взносов народов. Для против паводковой защиты в дельте р. Красной была построена система дамб с общей длиной 2700 км. Каждый год система получают инвестиционного

фонда для ремонта и обоснования, но из-за наводнений эти сооружения быстро разрушаются. После каждого сезона наводнений система дамбы должно ремонтировать. Кроме того, изменение потока воды за счет естественного и антропогенного воздействия приводит к разрушению конструкции дамбы.

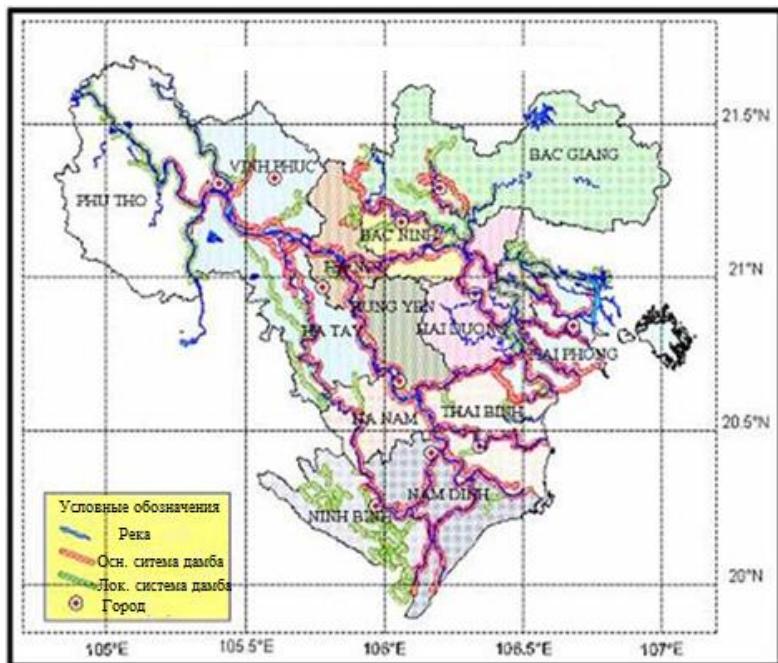


Рис. 2.11. Система дамб в дельте р. Красной

На территории дельты р. Красной в комплекс инженерных защиты от грунтовых вод входят до 70% сооружений. Для создания системы дамб большой протяжённости необходимо затратить много денег. Поэтому местные грунты становятся самым распространенным строительным материалами для строительства дамб.

Грунты в дельте р. Красной подразделяются на следующие основные группы: аллювиальные реки Красной, аллювиальные Глау, кисло-засоленные, засоленные, черные неплодородные, фералит красно-желтый, фералит красно-бурый из известняка, перегнойный, алит в горах и др, относящиеся к слабым грунтам (табл 2.5). Такие грунты имеют низкую прочность и сопротивляемость к воздействию влаги и поэтому каждый год после периода паводка приходится проводить

ремонтные работы по восстановлению дорожного покрытия и земляного полотна автодорог, рис. 2.12.

Таблица 2.5

Основные грунты на дельте р. Красной [112]

Наименование	Площадь (км <sup>2</sup> )
аллювиальные реки Красной	12390
аллювиальные Глау	1400
кисло-засоленные	792,09
засоленные	900,62
неплодородный	1232,85
черный	37
фералит красно-желтый	44658,
фералит красно-бурный из известняка	2292,95
перегнойный	20803,42
алит в горах	2230,35

Так как грунты основания относятся к слабым, то дамбы, возведенные на них имеют низкую устойчивость, каждый год после периода паводка техническое состояние дамб ухудшается, происходит их просадка и разрушение. А при использовании их в качестве оснований, требуется упрочнение грунтов цементом, сваями и т.п.

Построенная система дамб обвалования не может обеспечить достаточную защиту территорий дельты реки Красной от затопления. Ежегодный паводок наносит значительные материальные, экологические ущербы и сопровождается человеческими жертвами.



Рис. 2.12. Размыв участка автомобильной дороги в области Нам Динь  
(Северный Вьетнам)

В целях защиты территорий от подтопления и разрушения в дорожном строительстве разработано большое количество типовых мероприятий и конструктивных решений, рис. 2.13.

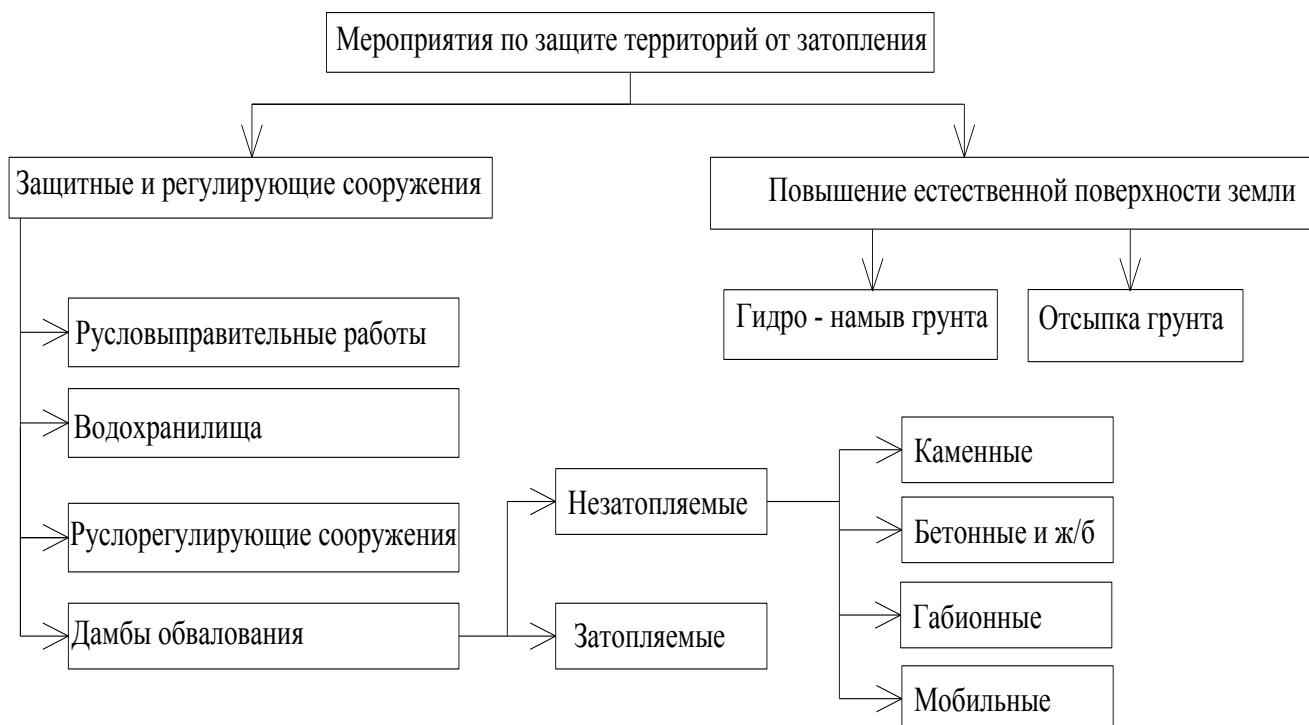


Рис. 2.13. Мероприятия по защите от затопления

Для защиты территории г. Ханоя от затопления применяются системы дамб обвалования общей длиной 61 км (рис. 2.14). Высота дамбы не превышает 10 м. Средняя высота дамбы от 6- 8м. Однако система дамб для предупреждения затопления в г. Ханое была возведена давно на слабых грунтах, при этом использовались местные грунты для отсыпки дамбы. В отдельных местах дамбы быстро разрушаются под воздействием паводков и наводнений поэтому необходимо производить капитальный ремонт. Вдоль дамб имеется много озер, поэтому так трудно избежать наводнения. В настоящее время построены много домов близи дамб. Это причина приводит к прорыву дамб в любой момент во время большого наводнения.



Рис. 2.14. Система дамб обвалования в микрорайоне За Лам в г. Ханое

Для ликвидации последствий прорыва можно использовать каменно-грунтовые дамбы. Такие конструкции применяются на территории, находящейся рядом с морем (в Нам Динь, Хай Фонг, Куанг Нинь и т.д.).

В настоящее время для повышения эффективности защиты населенных пунктов и предприятий от затопления применяется укрепление откосов дамб с помощью засева травами. Это способ имеет преимущество из-за невысокого затрат при строительстве и простота ремонта. Укрепление откосов дамб травами может остановить их разрушение во время затопления (рис.2.15).



Рис. 2.15. Укрепление откосов дамб травами в г. Хай Фонг (в дельте р. Красной)

#### **2.4. Процесс суффозионного вывала откосов пойменных насыпей**

В настоящее время идет активизация процесса суффозионного вывала грунта из насыпи на пойменных участках в результате эксплуатации автомобильных дорог Северного Вьетнама из-за муссонного климата.

Суффозионный вывал грунта из откосов насыпи автодорог на пойменных участках – это вынос мелких частиц из тела насыпи под воздействием вытекающего фильтрационного потока после быстрого спада воды с поймы.

Большинство специалистов под суффозионным вывалом грунта из откосов земполотна автодорог понимает процесс механического выноса минеральных частиц из тела насыпи фильтрационным течением после схода воды с поймы, а также из-под основания насыпи. Протекание процесса сопровождается образованием обрушения откосов, появления воронок и провалов на поверхности автомобильных дорог, а также образованием пустот в теле насыпи. Иногда без внешнего проявления. Деформации имеют разнообразный объем и очертания, часто трубчатые каналы, шириной нескольких метров и длиной в десятки метров. Обычно такие каналы образуются в глинистых и лессовидных грунтах. Провалы,

вывалы и пустоты усложняют и удорожают работы по содержанию дорог и проведению ремонта.

На суффозию оказывают влияние различные факторы, необходимые условием является наличие фильтрации и минерального материала, который транспортируется током воды. Основными факторами, влияющими на скорость и объем выноса материала из насыпи, основания и откосов являются: наличие трещин и пустот в основании земполотна, а также легкоразмываемые грунты в теле насыпи. Важное значение имеет пространственное расположение по отношению к фильтрационному потоку. Суффозионные процессы активно развиваются при наличии трещин и протяженных полостей в основании и теле насыпи. Водонасыщенные грунты насыпи начинают отдавать воду сразу после осушения поймы и вместе с водой вытекают минеральные частицы.

В зависимости от минерального состава заполнителя, его однородности, гранулометрии механическая суффозия подразделяется на три ее разновидности (рис. 2.16):

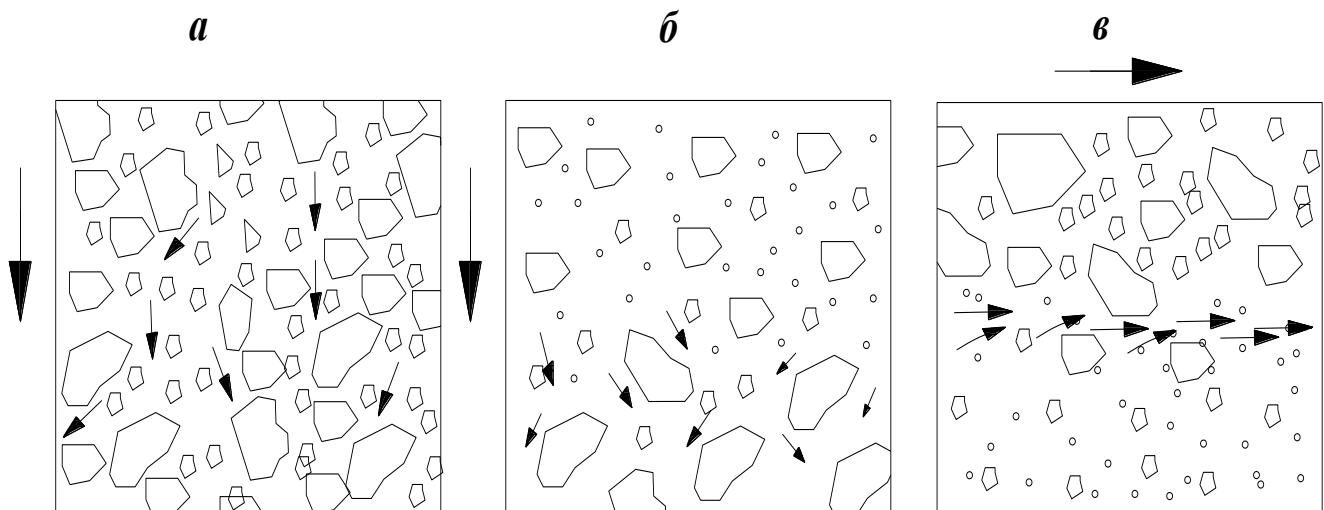


Рис.2.16. Схемы трех разновидностей внутренней суффозии минеральных частиц:

а - одновременное вымывание частиц по всему объему насыпи на пойме, происходит при наличии однородного по компоновке зерен заполнителя;

б - вымывание со стороны контакта материала с мелкозернистый гранулометрией    с    перемещением частиц    в    пространство с    более

крупнозернистым составом, происходит при наличии двух контактирующих объемов заполнителя, разнородных по механическому составу; ( I - III ), в - продольный размыв слоисто-неоднородного заполнителя: мелкозернистый объем заполнителя размывается в месте его сопряжения с более крупнозернистым, в котором протекает турбулентный фильтрационный поток.

При быстром спаде паводковых вод, происходит вынос водой частиц грунта (обычно песчаных и реже пылеватых) – суффозионный вывал, приводящий к оседанию и расползанию пойменных насыпей, оползанию откосов насыпи, появлению суффозионных воронок и провалов. Грунты, применяемые для устройства насыпей различны во Вьетнаме. После стока воды с территории поймы внутри земляного полотна остается вода, которая начинает вытекать из тела насыпей и уносит с собой частицы грунта. Так формируются суффозионные деформации, рис. 2.17.

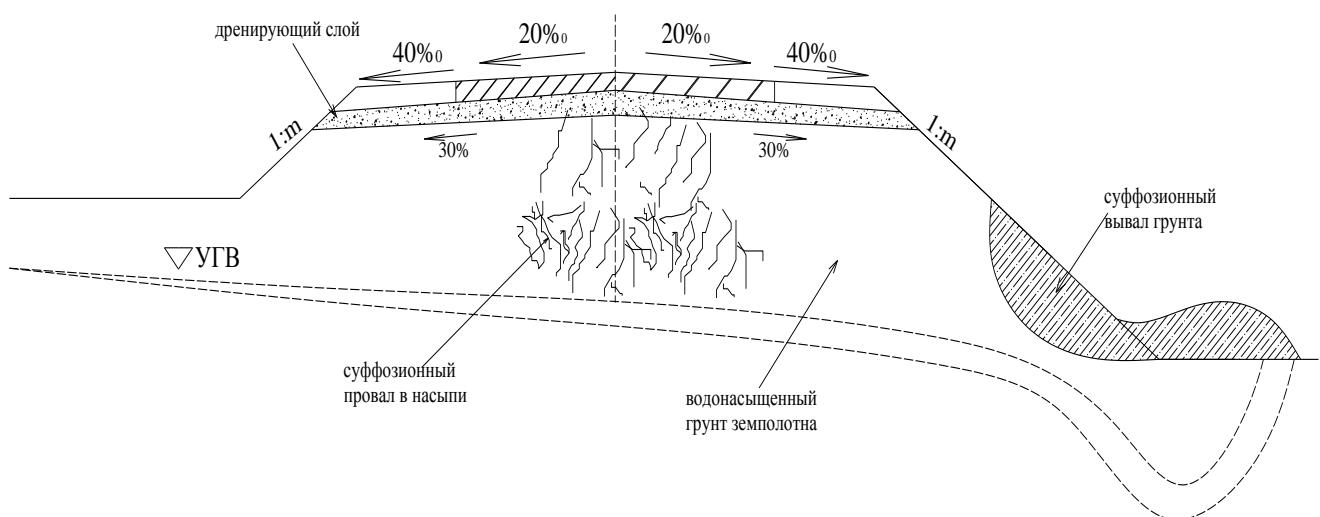


Рис. 2.17. Процесс суффозионного вывала после схода воды с поймы

Факторы, влияющие на процесс суффозии, разнообразны. Однако ее развитие предусматривает два обязательных неотъемлемых условия: наличие фильтрации и материала, который может подвергаться выносу.

На территории г. Ханоя суффозионные процессы получили широкое распространение. Проявления фиксируются в виде провалов, оседаний земной поверхности на автомобильных дорогах, над водонесущими коммуникациями, тепловыми сетями, и т.д. Свой вклад вносит и ливневая канализация.

На рис. 2.17 схематично изображен процесс суффозионного ослабления основания в результате откачки воды из смотрового колодца городского коллектора. В данном разрезе на глубинах присутствует слой супеси, которая под действием гидродинамического давления в течение нескольких месяцев подвергалась суффозионному выносу по подстилающим этот слой гравийным грунтам. В результате этого процесса образовался провал на автомобильной дороге. При этом объем грунта суффозионного выноса примерно соответствует объему провала [102].

В настоящее время для решения данной проблемы и ряда аналогичных ситуаций используется комплекс различных геолого-геофизических методов исследований. При выделении аномальных участков, зон разуплотнения грунтовой толщи большой объем информации можно получить с помощью малоглубинной сейсморазведки высокого разрешения. Электроразведка позволяет оценить гидрогеологическую обстановку, направление и мощность потока подземных вод. На выделенных геофизическими исследованиями аномальных участках производится бурение скважин, из которых отбираются образцы грунта и грунтовых вод. После испытаний образцов и анализа результатов производится оценка достоверности геофизических исследований. При ее положительных оценках осуществляется построение пространственных физико-геологических и гидрогеологических моделей по геофизическим данным и результатам буровых работ.

С учетом климатических, рельефных и гидрогеологических особенностей Вьетнама, для защиты от размыва паводковыми водами и деформаций из-за суффозии пойменных насыпей предлагается применять комбинированное укрепление [104]. В нижней части подтопляемого откоса укладываются габионы или матрацы Рено, а верхняя часть откосов укрепляется засевом трав. Выбор

такого типа укреплений обоснован следующими соображениями. Габионным конструкциям можно придать практически любую форму, а при осадке и давлении грунта они могут незначительно деформироваться без изменения физико-механических свойств. Устойчивые к деформации, габионы и матрасы Рено способны адаптироваться под окружающую среду. При выборе качественных материалов конструкции каркаса и грамотной установке, габионы могут прослужить более ста лет. Для их монтажа не требуется устройство фундамента и масштабных подготовительных работ, объемные сетчатые конструкции заполненные камни через сооружения фильтруется вода, которая несет минеральные частицы и сквозь габионы могут прорастать растения, превращая габионные конструкции в элемент природного ландшафта. При этом ни вода, ни корни растений не оказывают негативного влияния на прочность и целостность конструкции. При оседании, в габионы дополнительно просыпаются частички грунта, что уплотняет конструкцию, характерные свойства усиливаются, не меняя пропорций, упрочняются и лучше вписываются в природный ландшафт. Это позволяет сэкономить материалы и средства на строительстве дополнительных дренажных систем. Чем старше возраст габионной конструкции, тем выше её свойства – естественность внешнего вида и механическая прочность содержимого. Габионные конструкции экономичны, удачно вписываются в ландшафт, сохраняют экоравновесие и защищают почву от неблагоприятных воздействий окружающей среды.

## **2.5. Влияние режима стока воды с пойменных участков на устойчивость откосов земляного полотна**

На земляное полотно и дорожную одежду воздействуют атмосферные осадки, выпадающие на поверхность дороги и просачивающиеся через трещины, швы, края покрытия и обочины. Течение воды по откосам приводит к усилению процессов эрозии материалов на их поверхности. При пойменном поверхностном стоке вода может переувлажнять откосы земляного полотна за счет подтопления. В результате воздействий откосы земляного полотна теряют

несущие способности и быстро разрушаются под влиянием повторяющихся динамических нагрузок от колес транспортных средств.

Ливневые стоки оказывают различное воздействие на элементы дороги [52, 53], рис. 2.18.

I - зона ударного воздействия дождевых капель, стекания поверхностных вод, эрозия, дефляции, действующих на поверхность дороги без подтопления;

II – зона концентрации и движения вдоль подошвы дорожного полотна поверхностных вод, стекающих с дороги и верховой части рельефа;

III – зона паводкового волнобразования и нагона воды;

IV – зона паводкового или постоянного подтопления;

V – зона подтопления от меженных вод;

VI – зона возможного углубления от развития размыва при сбросе паводковых вод вдоль дороги (пойменных насыпей), попятно-эрэзионном понижении и течении речного потока в подмостовом русле;

VII – зона возможного динамического, фильтрационного воздействия водного потока, карчеода и углубления от промоин в условиях затопления или перелива воды;

VIII – зона воздействий на поверхность дорог и скоростей течения водного потока, стока минеральных частиц и карчеода;

IX – зона воздействий на нижнюю часть откоса при спаде паводковой воды;

X – зона возможного углубления промоин от развития размывов при воздействии паводковых вод, стекающих по низовому откосу земполотна, а также от депрессионного понижения.

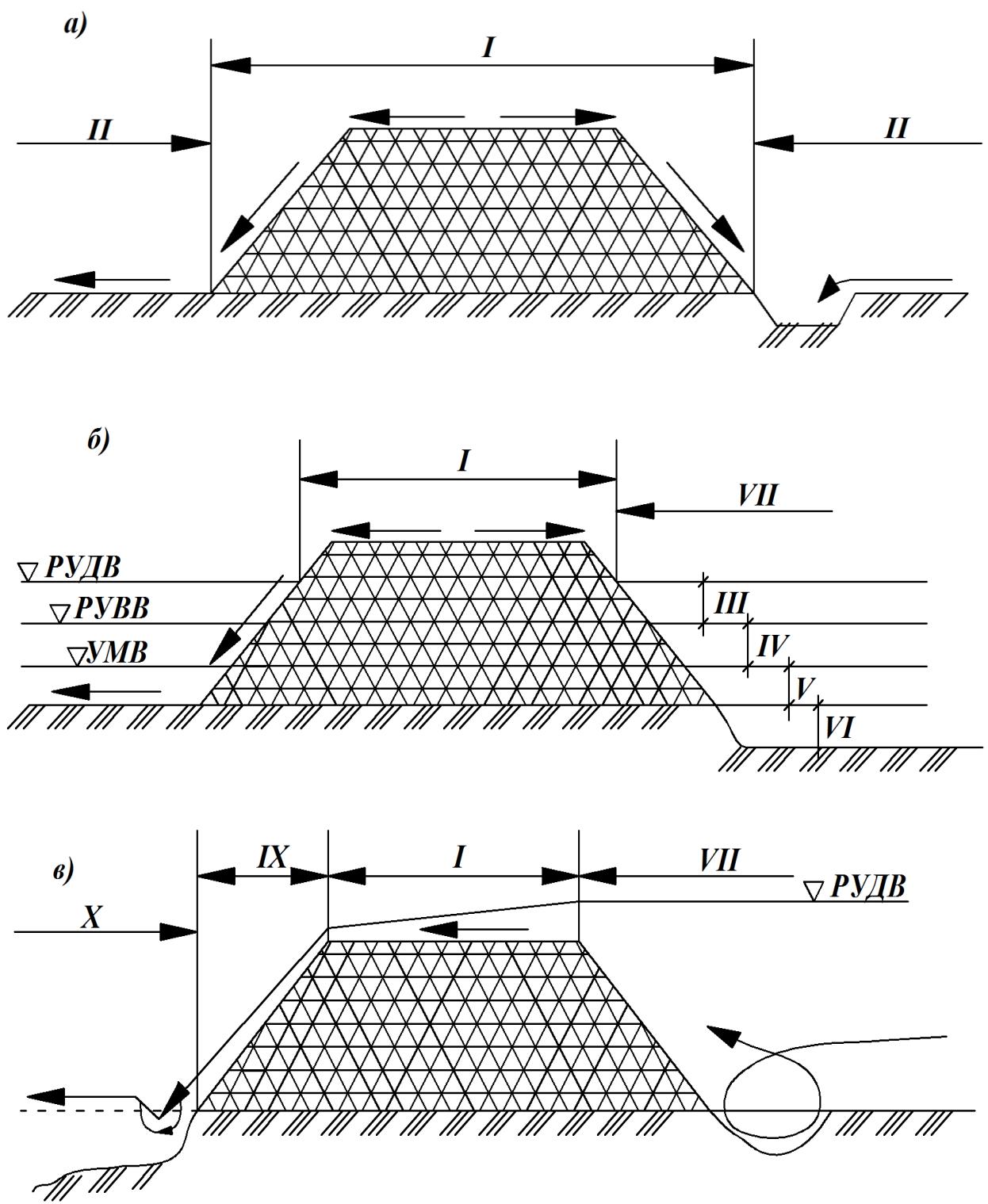


Рис. 2.18. Схема увлажнения земляного полотна дорожной насыпи

На пойменных участках под влиянием потоков воды происходит разрушение земполотна автомобильных дорог. К разрушениям автомобильных дорог могут приводить также природные процессы, развивающиеся под непосредственным

воздействием многих факторов. К ним относятся оползни, обвалы, плоскостная и линейная эрозия, русловые процессы и др.

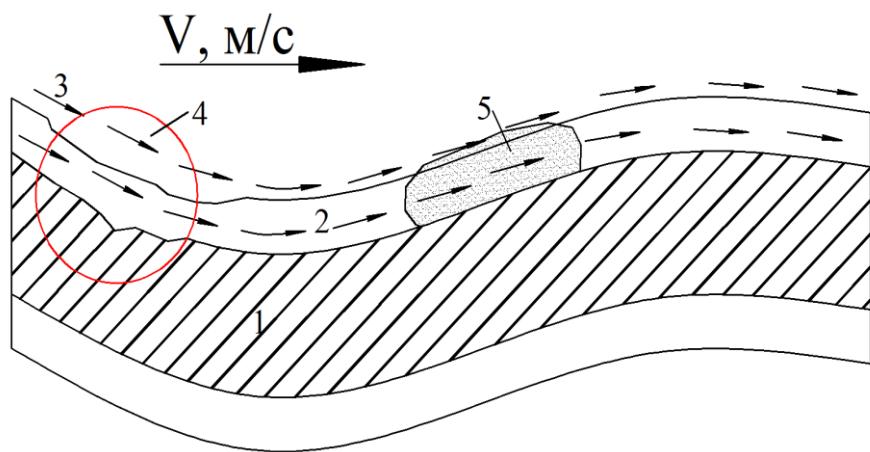


Рис. 2.19. Схема течения стока воды вдоль откосов пойменных насыпей автомобильных дорог:

1 – автомобильные покрытия; 2 – откосы автомобильных дорог; 3 – течение потока воды; 4 – воронка размыва (эрозия поверхности) откосов земляного полотна пойменных насыпей; 5 – отложение вымытого грунта.

**Оползни** — это скользящее смещение масс горных пород вниз по склону под влиянием силы тяжести [6].

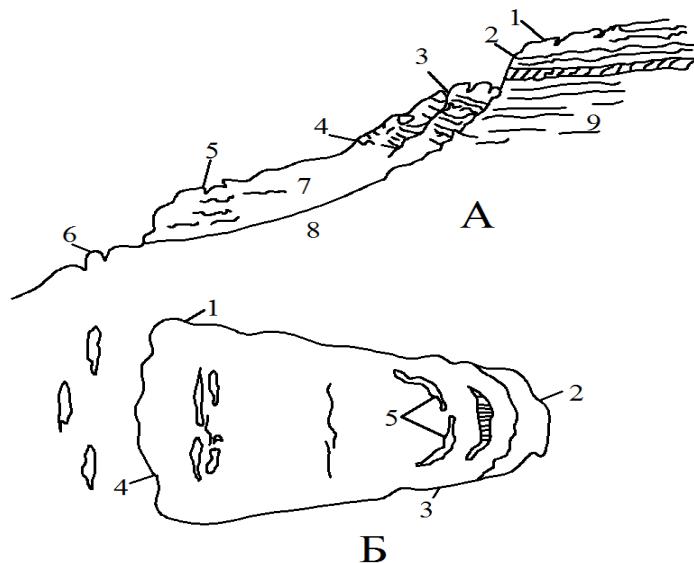


Рис. 2.20. Схема оползня:

а – профиль: 1 – бровка срыва, 2 – стенка срыва, 3 – оползневые ступени, 4 – зеркало оползня, 5 – трещина выпучивания, 6 – деформации основания оползня, 7 – тело оползня, 8 – ложе оползня, 9 – коренной массив;

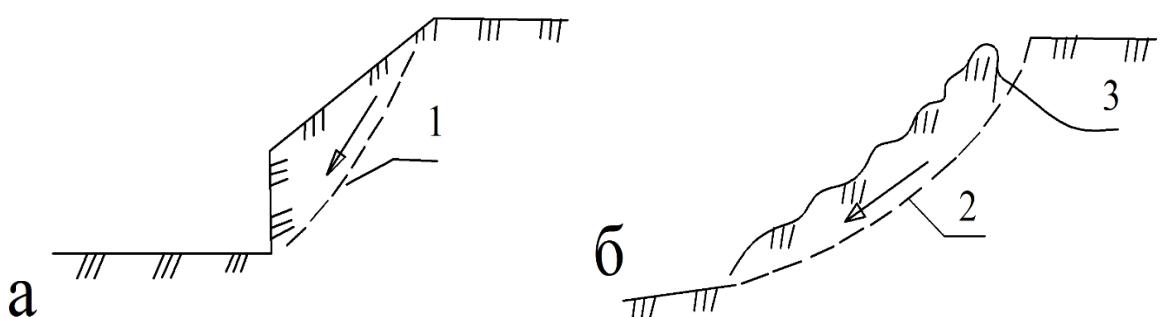
б – план: 1 – правый борт оползня, 2 – верхняя граница оползня, 3 – левый борт оползня, 4 – нижняя граница оползня, 5 – трещины скольжения.

Оползневые явления приводят к гибели людей, материальные и финансовые потерям, в перерыве транспортного сообщения а также выводу из оборота земель сельскохозяйственного назначения. В зависимости от скорости движения составлена классификация оползней, которая приведена в табл. 2.6 .

Таблица 2.6.

#### Классификация оползней

Скорость	Характеристика движения
3 м/с	Исключительно быстрое
0,3 м/мин	Очень быстрое
1,5 м/сутки	Быстрое
1,5 м/месяц	Умеренное
1,5 м/год	Очень медленное
0,06 м/год	Исключительно медленное



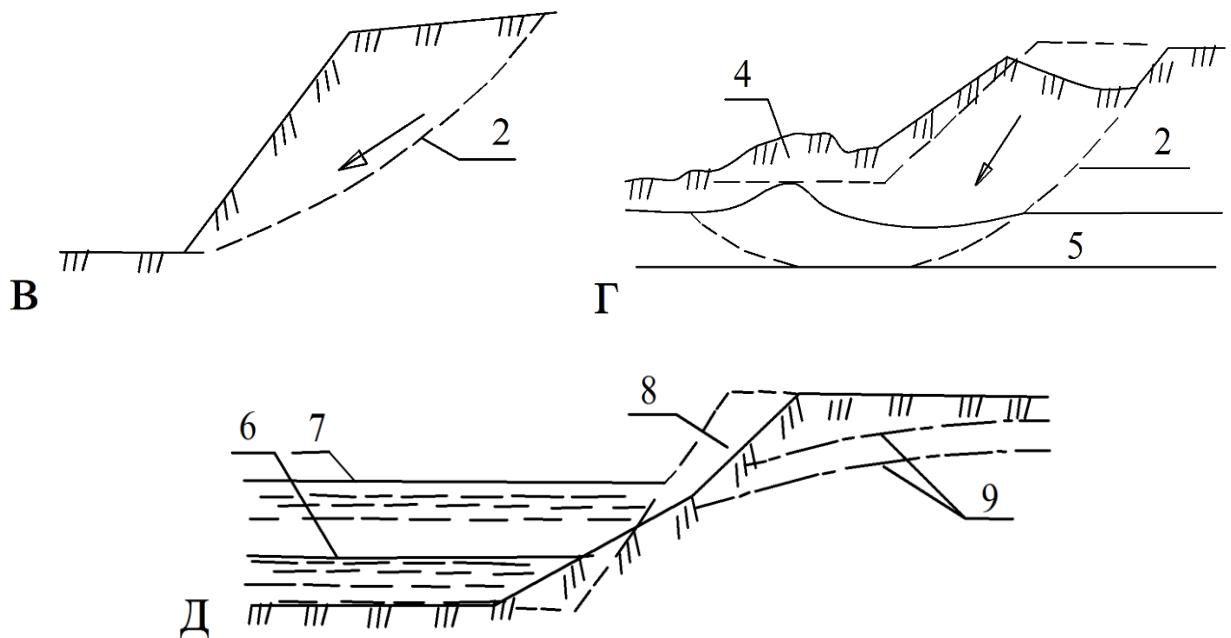


Рис. 2.21. Виды оползневых явлений на пойменных участках:  
 а – обрушение; б – сползание; в – оползень; г – оползень с выпором; д –  
 опливание; 1 – плоскость обрушения; 2 – плоскость скольжения; 3 – трещина  
 растяжения; 4 – выпор грунта; 5 – слабый прослоек; 6,7 – установившийся и  
 первоначальный уровни воды; 8 – поверхность опливания; 9 – кривые депрессии.

К категории оползневых явлений можно отнести и обвалы горных пород, при которых происходит отрыв и катастрофическое падение больших объемов грунта, их опрокидывание, дробление и скатывание со склонов рельефа.



Рис. 2.22. Обвал на автомобильной дороге, проложенной по пойме в области  
 Хоя Бинь

К негативным природным явлениям относятся линейная и плоскостная эрозия при которой происходит смыв верхних горизонтов почв на склонах при стоке ливневых вод, формирующих сеть узких промоин и отдельных рытвин. Плоскостная эрозия малозаметна и растянута во времени, но имеет катастрофический характер из-за больших площадей проявления.

С случае линейной эрозии происходит размыв почвы на значительную глубину с образованием глубоких промоин, которые перерастают в овраги.

## **2.6. Выводы по главе 2**

1. Климат Северного Вьетнама характеризуется положительными температурами на протяжение всего года, при этом максимум температуры до 41<sup>0</sup> достигает в июне – августе;

- атмосферные осадки круглогодичны, но подавляющее количество в виде ливней выпадает в период муссона;

2. Северная часть Вьетнама имеет разветвленную систему рек. Наиболее обширные равнины сформированы дельтами реки Хонгха на севере. Между ними протянулась цепочка узких береговых равнин и дельт относительно небольших рек. Другие крупные реки – Ма, Ка, Тхубон.

3. Одной из основных причин разрушения земляного полотна является процесс суффозионного ослабления основания в результате выноса минеральных частиц фильтрационным потоком воды.

4. Под влиянием стока ливневых вод происходит процесс эрозии материалов на поверхности сооружений. При постоянном воздействии воды откосы и земляное полотно утрачивают несущие способности и быстро разрушаются под влиянием нагрузок от колес транспортных средств.

5. Существуют разнообразные причины и формы разрушения автомобильных дорог на пойменных участках под влиянием режима стока воды. К ним относятся оползни, обвалы, плоскостная и линейная эрозия, суффозионный вывал грунта, русловые процессы и др.

# **ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПРОЧНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ВЬЕТНАМСКИХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ПОЙМЕННЫХ УЧАСТКАХ**

## **3.1. Основные принципы применения траверс для инженерной защиты дорожно-транспортных сооружений на пойменных участках**

Большинство дорожно-транспортных сооружений сооружают на пойменных участках рек во Вьетнаме. В дождливом сезоне количество атмосферных осадков значительно увеличивается. Уровень воды вдоль откосов насыпи резко повышается. При проектировании бровки земляного полотна поднимают выше возможного уровня воды на пойменных участках. В зависимости от расчетного уровня подтопления и его колебания в каждом сезоне можно считать максимальный уровень воды у верхнего откоса и наибольшую разность уровней воды у верхнего и низкого откосов автомобильных дорог на пойменных участках.

Во время высоких уровней подтоплений больших территорий автомобильных дорог необходимо учитывать воздействие волн, набегающих на откосы. Прочность и устойчивость откосов земляного полотна автомобильных дорог снижаются из-за процесса подтопления и ударов ветровых волн. Накопленный опыт эксплуатации показывает, что образование волн происходит при формировании акватории на большой территории.

Разница между уровнями в зонах потока, примыкающих к верховому и низовому откосам пойменной насыпи возникает фильтрация воды через тело насыпи, которая уносит с собой частицы грунта вытекают из тела пойменной насыпи вместе с потоком воды.

При застаивании воды на пойме она проникает в тело насыпи и переувлажняет грунты, т.е. происходит инфильтрация в земляное полотно. На скорость инфильтрации влияют скорость подъема воды и водопроницаемость грунта, из которого отсыпана насыпь и в этом случае переувлажняется часть грунта, непосредственно примыкающая к откосам насыпи.

Грунты с коэффициентом фильтрации  $\geq 0,5$  насыщаются водой практически одновременно с подъемом воды на пойме и ее уровня на откосах.

Начавшийся спад паводка приводит к тому, что уровень воды на откосах снижается, и снова начинается перемещение воды в другую сторону, уже от середины тела насыпи к откосам. При снижении уровня воды происходит ее фильтрация из пор грунта. Она вызывает разуплотнение грунта в теле насыпи, и непосредственное вымывание грунтовых частиц из откоса стекающей водой. Период спада уровня воды на пойменных участках часто сопровождается нарушениями геометрических параметров и устойчивости откосов насыпей.

Откосы пойменных насыпей, подверженные действию воды, соответственно укрепляют или защищают специальными сооружениями. Наиболее частными повреждениями насыпей на пойменных участках являются обрушение откосов, размыв откосов продольными течениями и разрушение их набегом волн, образующихся на акватории поймы энергией ветра.

Существуют различные специальные защитные конструкции для укрепления откосов автомобильных дорог с целью повышения прочности, устойчивость и несущей способности земляного полотна на пойменных участках в условиях Северного Вьетнама. Для выбора эффективного типа защитных конструкций на пойменных участках необходимо проанализировать их несущую способность от ударно-сдвигающих воздействий, возникающих в слоях грунта земляного полотна и дорожных одежд от силовых, фильтрационных и размывающих воздействий паводковых вод, карчеода, эрозии и других факторов, их усиливающих или являющихся следствием влияния основных воздействий [52].

Большинство регуляционных (защитных) сооружений представляют собой земляные насыпи с хорошо укрепленными откосами и подошвами.

По своему назначению эти сооружения подразделяются на два вида:

- регуляционные сооружения, формирующие и направляющие поток только при высоких водах, когда он сжат подходами к мосту. К этим сооружениям относят: струенаправляющие дамбы, срезка пойм на равнинных реках, траверсы у подходных насыпей и дамб, укрепление берегов реки;

- регуляционные сооружения, устраиваемые для закрепления положения русла или для изменения его в нужном направлении. Часто такие конструкции называют выправительными сооружениями. К ним относят: траверсы для отклонения течения потока воды от размываемого берега, каналы, спрямляющие русла, укрепления береговых откосов русел реки.

Строительство регулярных сооружений (траверс) имеет высокую стоимость. Из-за этой причины необходимо быть внимательными при выборе и назначении геометрических размеров регуляционных сооружений (траверс) для обеспечения прочности и устойчивости земляного полотна на весь период эксплуатации [ 4, 5, 18, 53].

В настоящее время устройство регуляционных сооружений (траверс) является одним из наиболее эффективных и достаточно экономичных способов защиты и сохранения прочности и устойчивости земляного полотна на весь период эксплуатации является устройство траверсов. Траверсы представляют собой сооружения, уменьшающие скорость течения потока, для предотвращения явления размыва у берегов рек или откосов пойменных насыпей. Для устройства поперечных сооружений в виде траверс применяют грунт, дерн, камень из местных месторождений в целях уменьшения затрат на строительство. При постоянном длительном подтоплении часто возникают повреждения и деформации у головы траверсы.

### **Метод расчета геометрических параметров поперечных сооружений для повышения прочности и устойчивости откосов и земляного полотна автомобильных дорог на пойменных участках**

Траверсы размещают поперек пойменного насыпей автомобильных дорог на расчетном расстоянии друг от друга для предотвращения размыва на весь период эксплуатации в неблагоприятных климатических условиях.

При устройстве поперечных сооружений (траверс) происходит сужение ширины потока воды и местный размыв дна будет образоваться у головы траверс. Для отклонения распространения воронки размыва дна до корня траверс необходимо рассчитывать минимальную длину траверсы, которую принимают не

менее четырехкратной глубины воды у его головы. В результате чего корни траверсы не разрушаются от размыва, а грунт, вымытый из воронки размыва будет откладываться у корней и с низовой стороны траверсы, рис. 3.1.

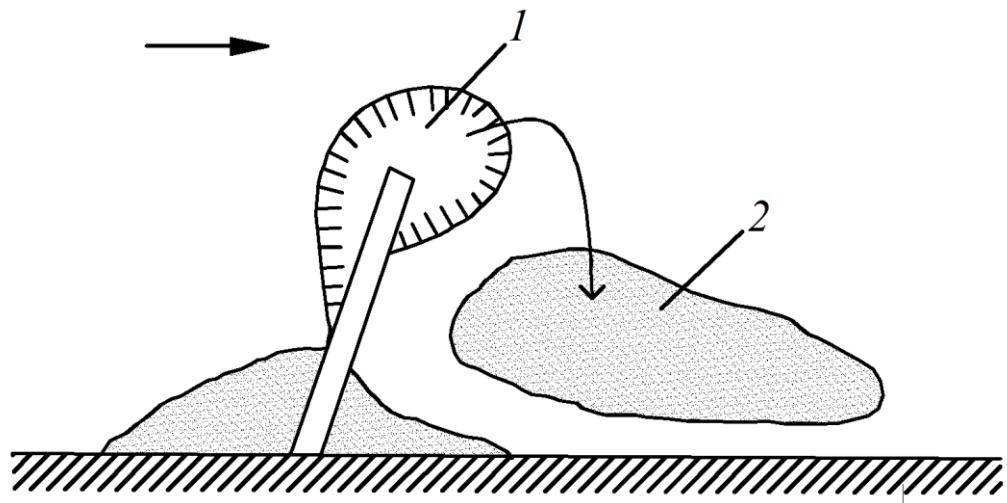


Рис.3.1. Схема размыва дна в голове траверса:  
1- воронка размыва; 2 - отложения вымытого грунта.

С целью снижения скорости течения водного потока и уменьшения глубины местного размыва траверсы размещают с наклоном по течению под углом  $\alpha = 60 \div 80^\circ$

Траверсы на пойме стесняют водный поток, потому увеличивается скорость течения. Длину траверсы принимают из расчета перекрытия его не более 15 % общего сечения водного потока до уровня бровок.

Расстояние между соседними траверсами  $L_T$  лимитируется длиной траверсы  $C_T$ , углом отклонения потока воды за траверсой  $\beta$ , угла между продольным течением и направлением защищаемого участка  $\gamma$ , а также от угла наклона траверсы  $\alpha$ , рис. 3.2.

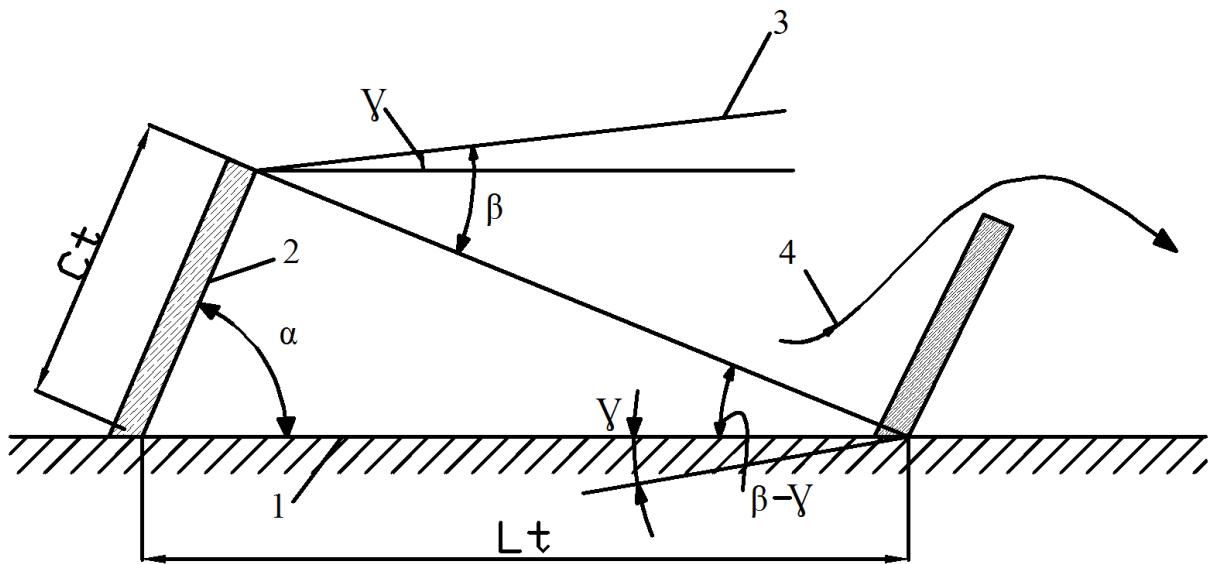


Рис. 3.2. Схема для определения расстояния между соседними траверсами:  
1 - линия защищаемого участка; 2 - траверса; 3 - общее направление течения потока воды; 4 - направление течения при обтекании траверсы.

В зависимости от состояния потока воды расстояние между соседними траверсами рассчитывается:

- при турбулентном потоке по (3.1)

$$L_T = C_T \frac{\sin(\alpha + \beta - \gamma)}{\sin(\beta - \gamma)}, \quad (3.1)$$

- при ламинарном течении по (3.2)

$$L_T = C_T \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin(\beta)}. \quad (3.2)$$

Если  $\alpha + \beta = 90^\circ$  и  $g = 0$ , то расстояние между соседними траверсами находим по формуле:

$$L_T = C_T / \sin(\beta). \quad (3.3)$$

Угол отклонения потока воды за головной частью траверсы  $\beta$  принимается в интервале от  $7\text{--}20^\circ$ , в среднем  $\beta = 14^\circ$ . При  $\beta = 14^\circ$  в соответствии с зависимостью 3  $L_T \approx 4C_T$ . Это обычно расстояние между соседними траверсами. На горных водотоках, где  $\beta > 14^\circ$  оно равно  $3\text{--}2 C_T$ .

При криволинейном размещении автомобильной дороги на пойменных участках расстояние между траверсами приблизительно равно  $L_T \approx 3 C_T$  (рис.3.3).

Угол отклонения потока  $\beta$  (на криволинейных участках  $\beta = 18 - 20^\circ$ ), длину траверсы  $C_T$  и угол наклона  $\alpha$ , по формуле (2) определяют расстояние  $L_T$ .

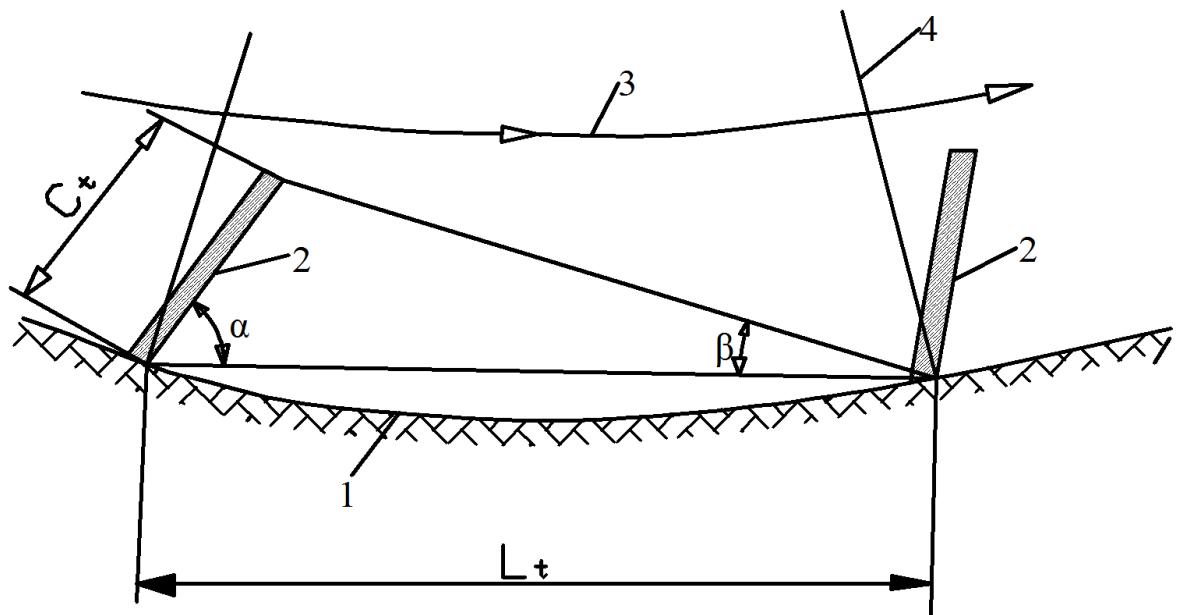


Рис. 3.3. Схема определения расстояния между траверсами на криволинейном участке берега:

1 - линия вогнутого берега; 2 - траверса; 3 - общее направление течения; 4 - перпендикуляр к линии берега.

В горной местности на водотоках для уменьшения количества траверс вдоль пойменных насыпей автомобильных дорог их применяют в виде буквы Г, рис. 3.4.

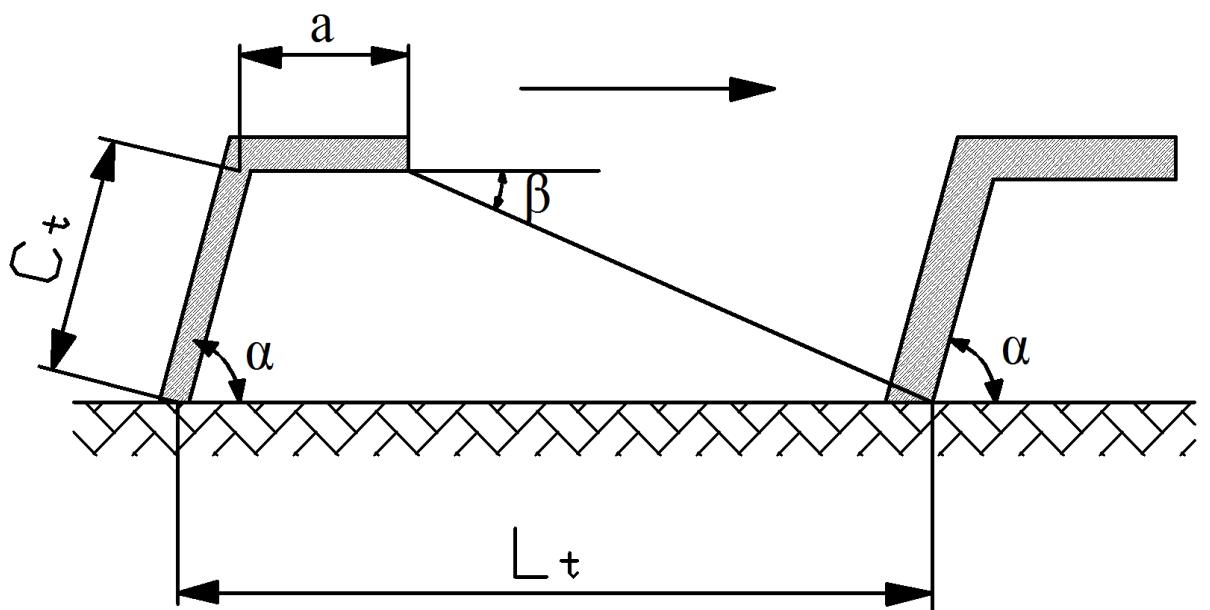


Рис.3.4. Траверсы Г - образные

Расположение траверс в плане и длину у подходной насыпи назначают с учетом размеров струенаправляющей дамбы с верховой стороны. Головы траверс необходимо размещать на прямой, соединяющей голову верховой дамбы с местом выхода насыпи за пределы разлива высоких вод.

Для строительства траверс используют различные строительные материалы. На равнине можно использовать грунт местные, каменные и минеральные материалы, габионы, а на горных реках можно применять конструкции из бетона и железобетона. Для снижения затрат на строительство траверс следует в максимальной степени использовать местные грунты. Траверсы обычно имеют ширину поверху 2-3 м с заложением откосов не более 1:2, откосы головой части уполаживают до 1:3 - 1:4. Все конструктивные элементы траверс укрепляют засевом трав, бетонными плитами, решетчатыми элементами, бамбуковыми сваями.

Величину местного размыва у головы траверс и глубину воронки размыва их можно определить по формуле:

$$H_{B(TP)} = \left( \frac{1,8}{0,5 + C_H / h} \cdot h + 0,02 \frac{V - V_0}{W} \right) \cdot K_m \cdot K_\alpha, \quad (3.4)$$

где  $H_{B(TP)}$  - глубина воронки размыва у головы траверсы, м;

$C_H$  - длина траверсы, м;

$h$  - глубина воды у головы траверсы, м;

$K_m$  - коэффициент, учитывающий крутизну верхового откоса траверсы;

$K_a = \sqrt[3]{\alpha^0 / 90^0}$  - коэффициент, учитывающий угол  $\alpha$ , образуемый осью траверсы с направлением течения (когда траверса имеет наклон вниз по течению,  $\alpha < 90^0$ );

$V$  - средняя скорость течения на вертикали у головной части траверсы, м/с;

$V_0$  - неразмывающая скорость, м/с;

$W$  - гидравлическая крупность минеральных частиц у головы траверсы, м/с.

Глубину местного размыва в однородных несвязанных грунтах можно определить по формуле:

$$H_{B(TP)} = \left[ 1,8 \left( \frac{V_{II}}{K_V V_0} \right)^{2/3} - 1 \right] \cdot h_{II} \cdot K_m, \quad (3.5)$$

где  $V_{II}$  - скорость водного потока, м/с;

$V_0$  - неразмывающая скорость, м/с;

$K_m$  - коэффициент, учитывающий влияние заложения откоса на размыв у головной части траверсы;

$h_{II}$  - глубина водного потока на вертикали перед головной частью траверсы;

$K_V$  - коэффициент, описывающий отложение наносов в воронку размыва, который определяется отношением  $V/V_0$ . Для пойменных участков без движения наносов,  $K_V = 1$  при любом соотношении  $V/V_0$ .

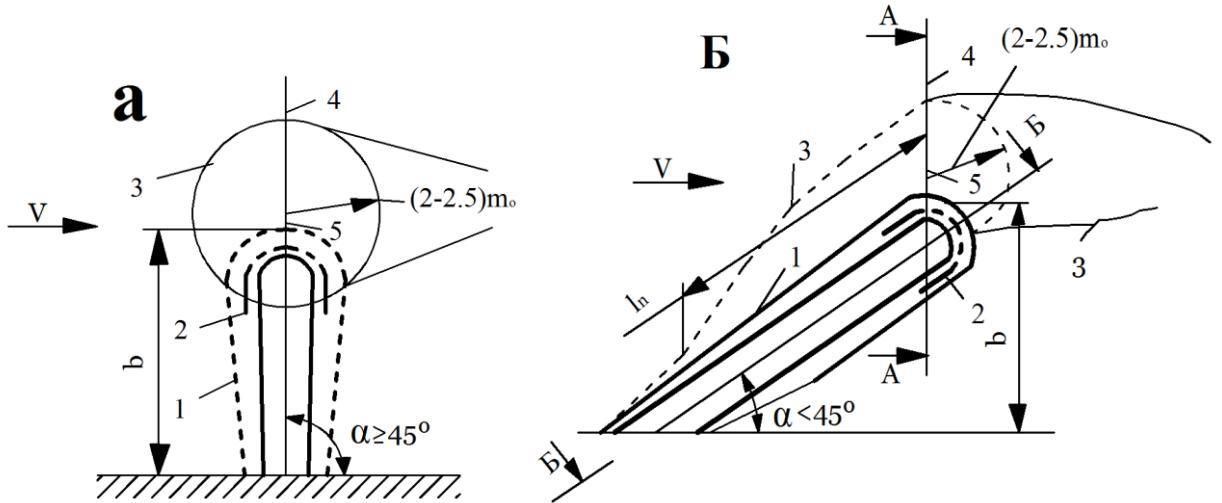


Рис. 3.5. Схема размещения траверс в плане [3]:

а - при угле примыкания траверсы  $\alpha \geq 45^\circ$ ;

б - то же, при  $\alpha < 45^\circ$ ;

1 - подошва (до размыва) откоса траверсы;

2 - урез воды;

3 - схематичный контур воронки размыва;

4 - расчетный створ;

5 - вертикаль с наибольшей глубиной размыва;

Из рисунка 3.5 видно, что формируется местный размыв дна у головной части траверсы. Чтобы воронка местного размыва не переместилась до корня траверса и откоса насыпи, к которой он примыкает, минимальную длину траверсы принимают не менее четырехкратной глубины воды у его головы. При угле

примыкания траверсы  $a \geq 45^\circ$  воронка местного размыва образуется далеко от насыпи автомобильных дорог, а при  $a < 45^\circ$  воронка местного размыва образуется рядом с дорогой. Этот случай очень опасен для откосов автодорог.

Наибольшая глубина местного размыва  $h$ , м, в несвязных и связных грунтах у головы траверсы определяется в зависимости [4]:

$$h = \left( 2 \cdot \frac{V_r}{V_p} K_l - K_\lambda \right) H_r K_m, \quad (3.6)$$

где  $V_r$  – скорость потока у подошвы головы траверсы, м/с;

$H_r$  – глубина потока у подошвы головной части траверсы, м;

$V_p$  – размывающая скорость для грунтов, в которых происходит размыв, м/с;

$K_l$  – коэффициент, характеризующий увеличение скорости потока в голове траверсы при недостаточной длине сооружения;

$K_\lambda$  – коэффициент, принимаемый равным 1,0, когда траверсы обтекаются потоком, и 0,85 при плохо обтекаемых сооружениях;

$K_m$  – коэффициент, зависящий от коэффициента заложения откоса траверсы со стороны русла;

### 3.2. Метод расчета местных размывов у поперечных регуляционных сооружений в процессе их применения для обеспечения прочности и устойчивости насыпей земляного полотна

Максимальная глубина местного размыва у сплошных поперечных сооружений определяется по формулам (3.7) и (3.8):

$$\text{- при } b/H \geq 1 : h = \left[ 1,7 \left( \frac{v_r}{K_v v_p} \right)^{2/3} - 1 \right] H K_m; \quad (3.7)$$

$$\text{- при } b/H < 1 : h = \left[ 1,7 \left( \frac{v_r}{K_v v_p} \right)^{2/3} - 1 \right] b K_m; \quad (3.8)$$

где  $b$  - расчетная ширина сооружения, м

$v_r$  - скорость водного потока в головной части поперечного сооружения или у боковой грани береговой опоры, м/с

$K_v$  - коэффициент, характеризующий поступление наносов в воронку размыва

$H$  - глубина потока в головной части траверсы или у боковой грани береговой опоры в расчетных условиях, м

$v_p$  - размывающая скорость, м/с, определяемая с учетом глубины потока  $H$ ;

$K_m$  - коэффициент, зависящий от коэффициента заложения откоса  $m$  рассматриваемых сооружений.

Скорость потока  $v_g$ , м/с, в головной части поперечного сооружения или боковой грани береговой опоры следует определять в зависимости от расчетной ширины и угла набегающего потока на сооружение по формулам:

$$\text{при } a \geq 45^\circ \quad v_g = (b/H)^{1/4} v; \quad (3.9)$$

$$\text{при } a < 45^\circ \quad v_g = v + \left[ \left( \frac{b}{H} \right)^{1/4} - 1 \right] \left( \frac{\alpha}{45} \right)^{1/3}; \quad (3.10)$$

где  $v$  - скорость водного потока в расчетных условиях на вертикали в головной части поперечного сооружения до начала его строительства или у подошвы конуса в створе моста после общего размыва, м/с.

Максимальную глубину местного размыва в несвязных грунтах различного гранулометрического состава у сплошных незатопляемых поперечных сооружений и необходимо определять по аналитической зависимости:

$$\text{при } v_g > 0,45v_{pD} \quad h = h_D + 1,3D/p; \quad (3.11)$$

$$\text{при } v_g \leq 0,45v_{pD} \quad h = 1,3D/p, \quad (3.12)$$

где  $h_D$  - глубина размыва, определяемая по формулам (3.7) или (3.8), в которых вместо  $v_p$  принимают  $v_{pD}$  - размывающую скорость для среднего диаметра частиц отмостки  $D$  при глубине потока  $H$  и  $K_v = 1$ .

Средний диаметр частиц отмостки  $D$ , м, и их содержание в грунте (по массе)  $p$  следует определять:

$$\text{при } b/H \geq 1 \quad \frac{p}{D^{7/6}} = \frac{10,3}{H^{5/6} K_m} \left( \frac{\sqrt{g}}{v_g} \right)^{2/3}; \quad (3.13)$$

$$\text{при } b/H < 1 \quad \frac{p}{D^{7/6}} = \frac{10,3}{b^{5/6} K_m} \left( \frac{\sqrt{g}}{v_g} \right)^{2/3}; \quad (3.14)$$

Размывающая скорость  $V_p$  для грунтов насыпей зависит от вида и крупности грунта, которая определяется по формуле.

$$V_p = 1,15 \sqrt{g} (H \cdot d)^{1/4} K_i; \quad (3.15)$$

где  $g$  - ускорение свободного падения ( $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ );

$H$  – глубина водного потока;

$d$  – средний диаметр частиц грунта.

$K_i = \cos \alpha$  - коэффициент, учитывающий угол  $\alpha$ , образуемый осью траверсы с автомобильными дорогами.

Скорость потока в головной части траверсы рассчитывается по формуле:

$$V_r = C_r \sqrt{H_r \delta} (i i_m)^{1/4}; \quad (3.16)$$

где  $C_r$  – коэффициент Шези,  $\text{м}^{0,5}/\text{с}$ , находится по коэффициенту шероховатости русла  $n_p$  при глубине потока  $H_r$  по формуле:  $C_r = H_r^{1/6} / n_p$ ; (18)

$\delta$  – коэффициент стеснения потока подходами на пойменном участке  $Q_n/Q$ ;

$Q_n$  – расход воды в расчетный паводок, проходящий в бытовом состоянии на части  $i$ -й поймы, перекрытой насыпью;

$Q$  – расчетный расход воды в речной долине;

$i$  – продольный уклон свободной поверхности нестесненного потока в расчетный паводок;

$i_m$  – средний уклон свободной поверхности потока перед насыпью;

Минимальная стоимость поперечных сооружений (траверс)  $S_{общ}$  достигается значениями конструктивно-технологических параметров траверс, при которых они обеспечивают устойчивость и прочность откосов автомобильных дорог.

$$S_{общ} = \sum_i S(H_i, \alpha_i) \rightarrow \min; \quad (3.17)$$

*Нелинейные ограничения:*

$15^\circ < \alpha \leq 90^\circ$  - угол образуется осью траверсы с автомобильными дорогами

$\mu \leq 0,15$  – коэффициент стеснения потока подходами на пойменном участке

$C_T \leq 0,15 P_c$  – длина береговых траверсов

$C_T = L_T / \sin \gamma$  - длина береговых траверсов

### **3.3. Организация и технология выполнения работ по строительству регуляционных сооружений (траверс)**

К началу работ по строительству траверс необходимо иметь :

- разрешение на право производства земляных работ;
- проект производства работ, разработанный подрядной организацией;
- проект переноса коммуникаций.

Основание под насыпи и поверхность карьера должны быть подготовлены в сухой период года. При определении периода времени строительства необходимо учитывать начало и конец влажного сезона в трех климатических зонах Вьетнама, т.к. устройство и содержание земляного полотна насыпи невозможно в период муссонных дождей. Сезон муссона начинается в конце мая и продолжается до начала ноября, а сухой сезон с начала декабря до конца апреля следующего года.

Подготовительные работы кроме сноса строений и переноса коммуникаций включают срезку и перемещение растительного слоя грунта в отвал. Снятый грунт хранить на границе временной полосы отвода для использования его в дальнейшем при рекультивации нарушенных земель.

Возможны два варианта устройства траверсы для защиты откосов насыпи автомобильных дорог от размыва на пойменных участках:

– при новом строительстве насыпи автомобильных дорог и траверсы можно построить одновременно. В этом случае упрощается организация и производство работ, экономится время и затраты средств. Для выполнения этой работы необходимо разработать проектно-сметную документацию. При строительстве регуляционных сооружений (траверс) следует руководствоваться требованиями к строительству земляного полотна в соответствии с « Руководство по сооружению земляного полотна автомобильных дорог» - М. «Транспорт», 1982.

- При существующем земляном полотне пойменных участков насыпи необходимо нарезать уступы на откосе земляного полотна для обеспечения монолитности примыкания траверсы. Зарезание уступов в виде полок позволяют

применять бульдозеры или экскаваторы при высоте полки до 1,0 м (рис. 3.6). Полка должна иметь поперечный уклон 30 ‰ к краю откоса.

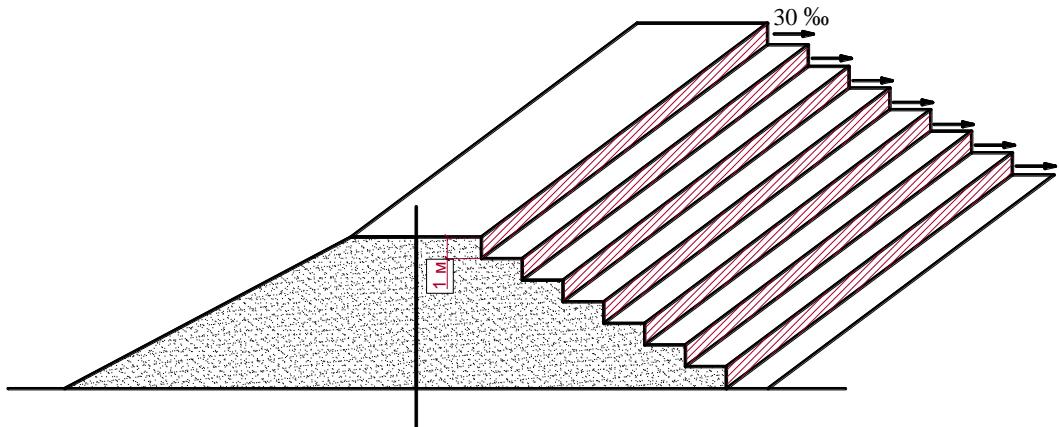


Рис.3.6. Зарезание откоса насыпи по форме полки с высотой уступа до 1,0 м

Для перевозки грунта при возведении земляного полотна траверс на участке их строительства применяется комплект автосамосвалов с экскаватором. Грунт разрабатывается экскаватором в сосредоточенном резерве, можно также использовать местные грунты. При возведении земляного полотна траверс в пределах речных пойм в местах возможной аккумуляции дождевой воды следует своевременно выполнять укрепительные работы. Для предохранения насыпи от размыва грунты уплотняются послойно при их оптимальной влажности до  $K_y = 0,98 \div 1,00$  в верхней части траверсы.

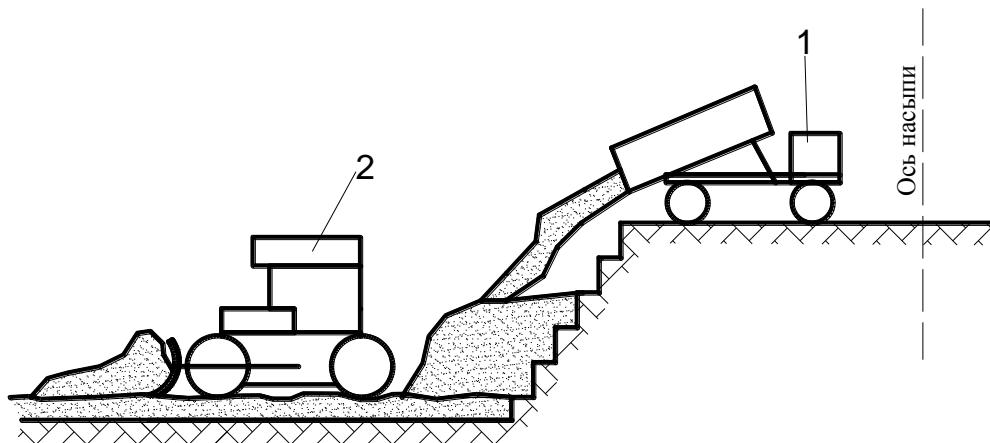


Рис. 3.7. Перевозка, отсыпка и уплотнение грунтов при строительстве траверс: 1- автомобиль-самосвал; 2- бульдозер.

При производстве земляных работ следует применять комплексную механизацию, обеспечивающую выполнение работ в предусмотренные проектом сроки с высоким качеством, минимальной стоимостью и трудоемкостью.

Для сокращения стоимости работ можно применять комбинированный способ возведения насыпей траверс: до высоты 1,5 – 2 м бульдозерами, а выше 1,5 – 2м – скреперами. При возведении насыпей траверс из боковых резервов при транспортировании грунта на расстояние до 800 м применяют преимущественно прицепные скреперы ёмкостью ковша 5 – 6 м<sup>3</sup>.

Скреперы работают звенями по 5-6 машин, к которым придаётся бульдозер – толкач с целью более полного набора грунта в ковш.

Технологический процесс устройства траверс состоит из подготовительных, основных, отделочных и укрепительных работ.

Подготовительные работы состоят из:

- разбивки осей и границ подошвы с установкой разбивочных знаков и реперов, устройство освещения мест разработки и отсыпки грунта, устройства временных землевозных дорог.

К основным операциям относятся:

- устройство въездов на насыпь и съездов с неё;
- разработка грунта в карьере с транспортировкой к месту отсыпки;
- послойная отсыпка грунта с разравниванием и уплотнением;
- разборка въездов и съездов;

К отдельным операциям относятся планировочные и укрепительные работы на откосах траверс. После планировки откосов траверс производится устройство монолитного или сборного упорного бруса по контуру траверс;

В зависимости от принятого варианта производства работ разработка грунта в карьере производится экскаватором или скреперами, транспортирование - автомобилями-самосвалами или скреперами. Уплотнение грунта осуществляется катками на пневмошинах или возможно применение других грунтоуплотняющих механизмов.

Отсыпка грунта в тело траверсы производится горизонтальными слоями с уклоном  $30^{\circ}/_{00}$  от оси к бровке, толщина слоя определяется в результате пробного уплотнением. При пробном уплотнении устанавливается толщина слоя и количество проходов по одному следу с перекрытием предыдущего прохода на  $1/3$  ширины катка или количество ударов трамбующих плит.

При производстве работ траверсы в плане разбиваются на карты, карты по ширине - на участки. Укладка грунта в отсыпаемом слое сооружения производится последовательно по картам, в карте - по участкам от краев карты к середине.

Количество механизмов, одновременно работающих на участках отсыпаемой карты определено на основе их производительности с учётом условия обеспечения непрерывности технологического процесса. Целесообразно объединять по две карты – на одной производится отсыпка слоя и разравнивание, на другой – уплотнение, а затем происходит смена работ: где была отсыпка – там уплотнение, а на месте уплотнения отсыпка.

### **Варианты технологии и производства основных работ по устройству траверс**

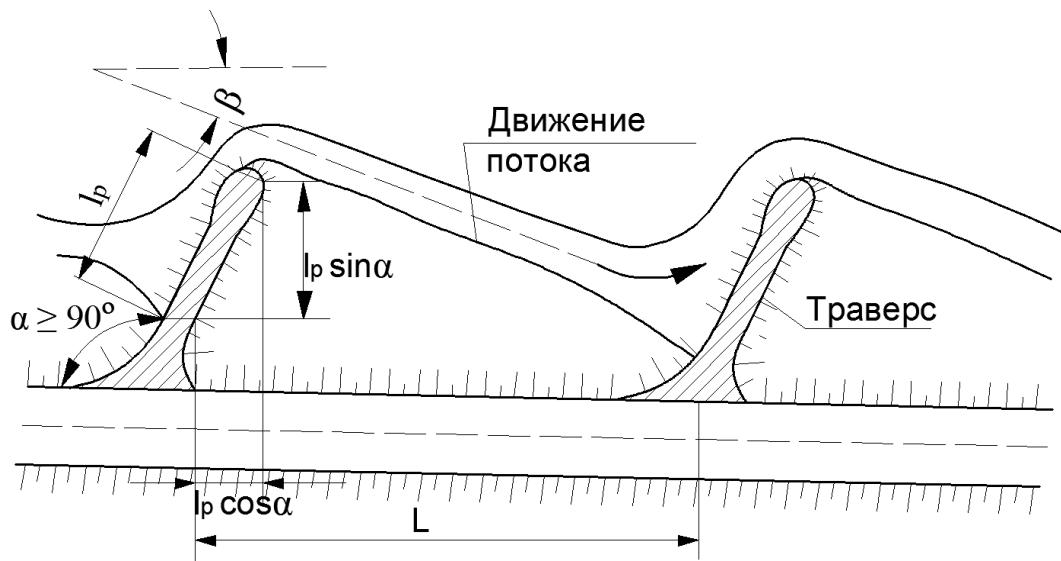


Рис. 3.8. Схема регулирования речных потоков для защиты пойменных насыпей с помощью траверс

**Технология производства основных работ (вариант I).** Грунт разрабатывается в карьере экскаватором ЭО-5122А с оборудованием обратная лопата с ковшом вместимостью 1,6 м<sup>3</sup> с погрузкой в автосамосвалы.

Транспортировка грунта производится по кольцевой схеме. Автомобили-самосвалы начинают отсыпку с дальнего конца участка и постепенно перемещаются к началу со стороны движения грузопотока. Перед местом отсыпки грунта автомобили-самосвалы разворачиваются и задним ходом подаются на разгрузку. Фронт отсыпки перемещается противоположно движению груженых автомобилей-самосвалов.

Кучи грунта разравниваются и планируются до необходимых отметок при продольных проходах бульдозера марки ДЗ-109Б. Разравнивание выполняется от краев насыпи к середине.

Уплотнение грунта осуществляется трамбовочной установкой УМТС-2. Это навесное оборудование, состоящее из пяти дизель-трамбовок, смонтированных на тракторе Т-100М.

Рабочую скорость машины принимают в зависимости от вида и влажности грунта, а также от толщины уплотняющего слоя. Количество проходов по одному следу, толщину слоев определяют на основе пробного уплотнения.

### **Технология производства основных работ (вариант II).**

Грунт разрабатывается и транспортируется в траверсу самоходным скрепером ДЗ-11П. Предварительно грунт разрыхляется рыхлителем ДР-26С.

Ковш скрепера загружают в процессе движения машины. Разгрузка в насыпи производится при движении скрепера по прямой линии, параллельной оси насыпи, слоем толщиной, определенной в процессе пробной укатки.

Каждый слой отсыпают в насыпь от бровок к оси продольными полосами.

Для окончательной планировки отсыпаемых участков используется бульдозер ДЗ-109Б.

Уплотнение грунта производится самоходным вибрационным катком ДУ-47А при движении катка круговыми проходками от края насыпи к середине. Первый и второй проход катка выполняют на расстоянии 1,5 - 2,0 м от бровки

насыпи, затем смещая ходы на 1/3 ширины катка в сторону бровки, уплотняют края насыпи.

При ведении работ необходимо соблюдать требования СНиП 3.02.01-87 «Земляные сооружения, основания и фундаменты».

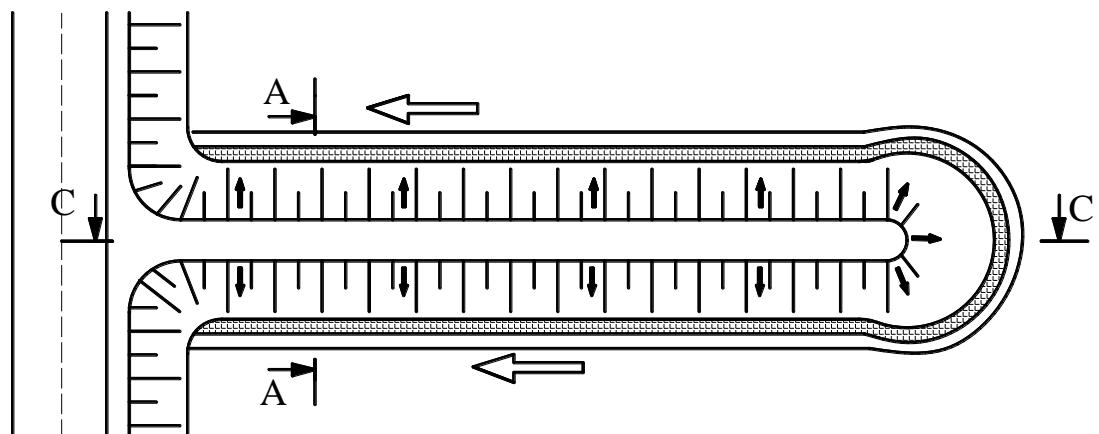
### **Технология производства основных работ (Вариант III с нарезкой уступов)**

Грунт разрабатывается в карьере экскаватором ЭО-5123УЛ с оборудованием, прямая лопата с ковшом вместимостью 1,6 м<sup>3</sup>.

Движение автомобилей-самосвалов осуществляется по насыпи автомобильных дорог. Автомобили-самосвалы начинают отсыпку на месте края насыпи устройства траверс. Грунт разравнивается и планируется до необходимых отметок первой полки при продольных проходах бульдозера марки ДЗ-54С. Разравнивание выполняется от краев насыпи к середине.

Уплотнение грунта производится катками на пневмошинах массой 15 до 30 т. При уплотнении слоев насыпи траверсы катками на пневмошинах первой и второй проходы следует выполнять на расстояние 1,5-2,0 м от бровки насыпи, а затем, смещая ходы на 1/3 ширины в сторону бровки, уплотняют края насыпи.

Работа по отсыпке и уплотнению земляного полотна траверсы продолжаются по горизонтальными слоями. Процесс производства земляных работ завершается, когда высота траверсы достигает до высоты построенной насыпи автомобильных дорог.



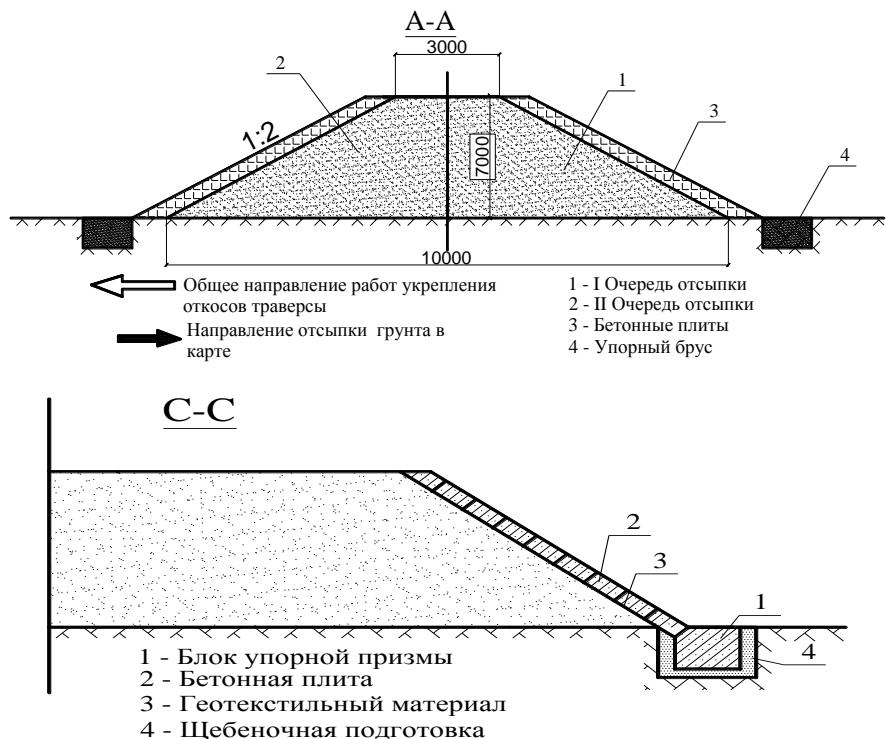


Рис. 3.9. Схема организации работ при отсыпке траверсы

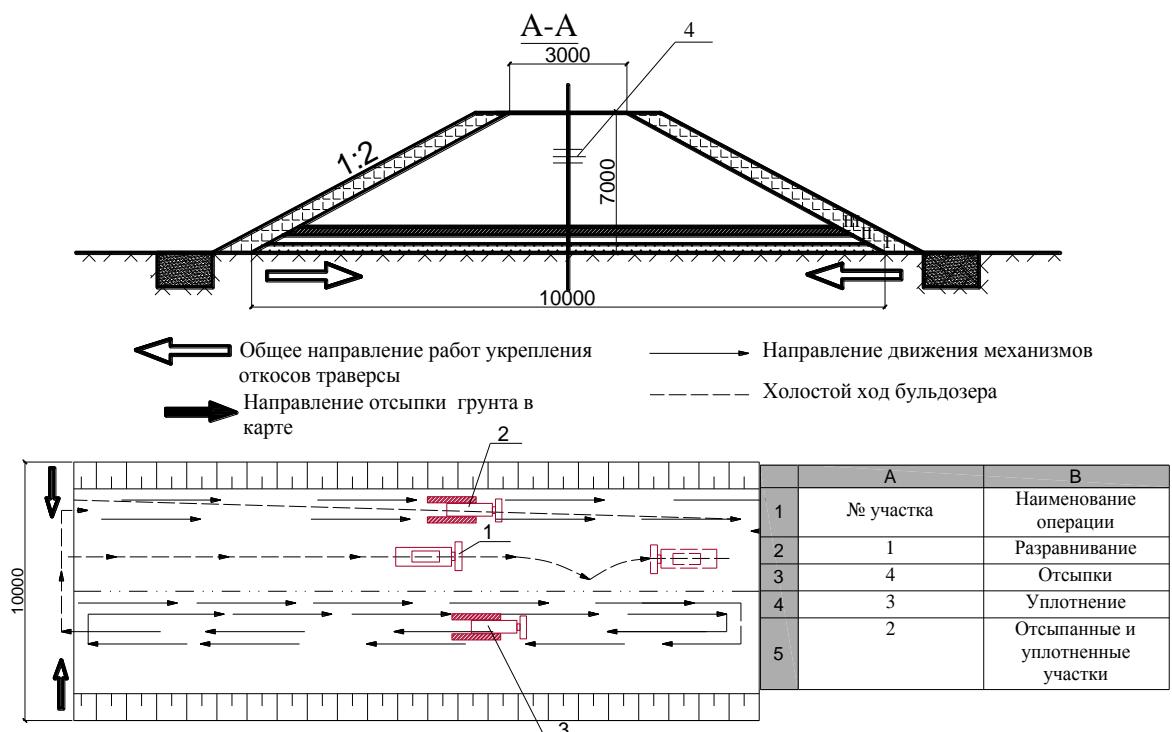


Рис. 3.10. Схема отсыпки траверсы. Вариант I:

I, II, III - слои отсыпки грунта в карте; 1 - автомобиль-самосвал КамАЗ-55102; 2 - бульдозер ДЗ-109Б; 3 - трамбовочная установка УМГС-2; 4 - отсыпка грунта в карте.

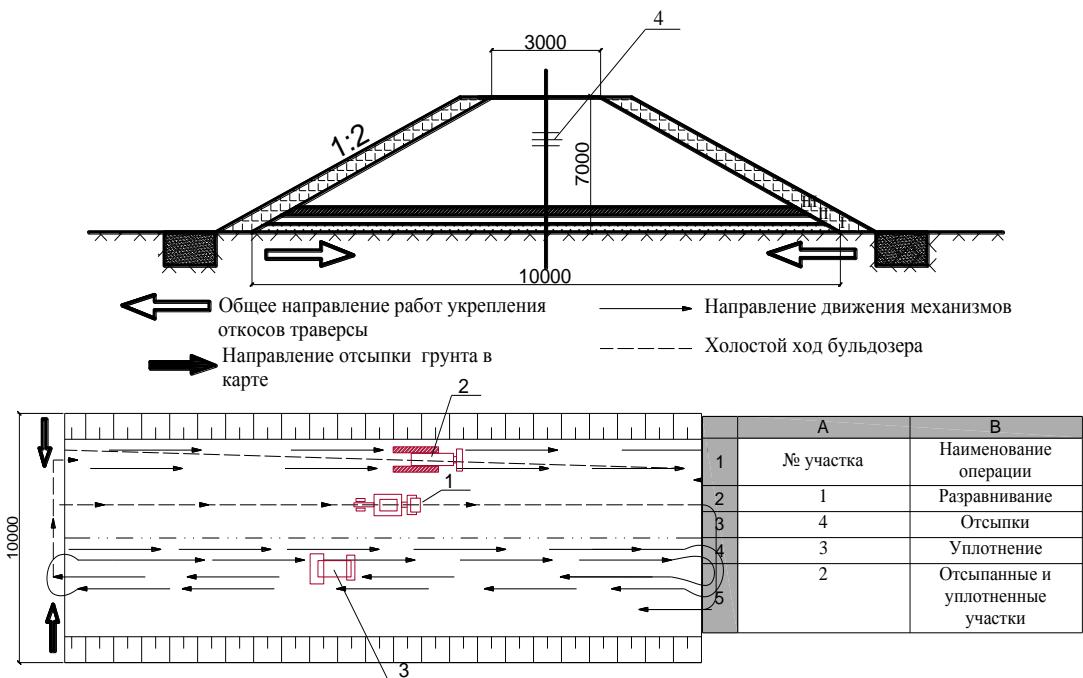


Рис. 3.11. Схема устройства грунтовой траверсы. Вариант II:  
I, II, III – грунт, отсыпаемый послойно; 1 - скрепер ДЗ-11П; 2 - бульдозер ДЗ-109Б; 3 - виброкаток ДУ-47А; 4 - отсыпки грунта в карте.

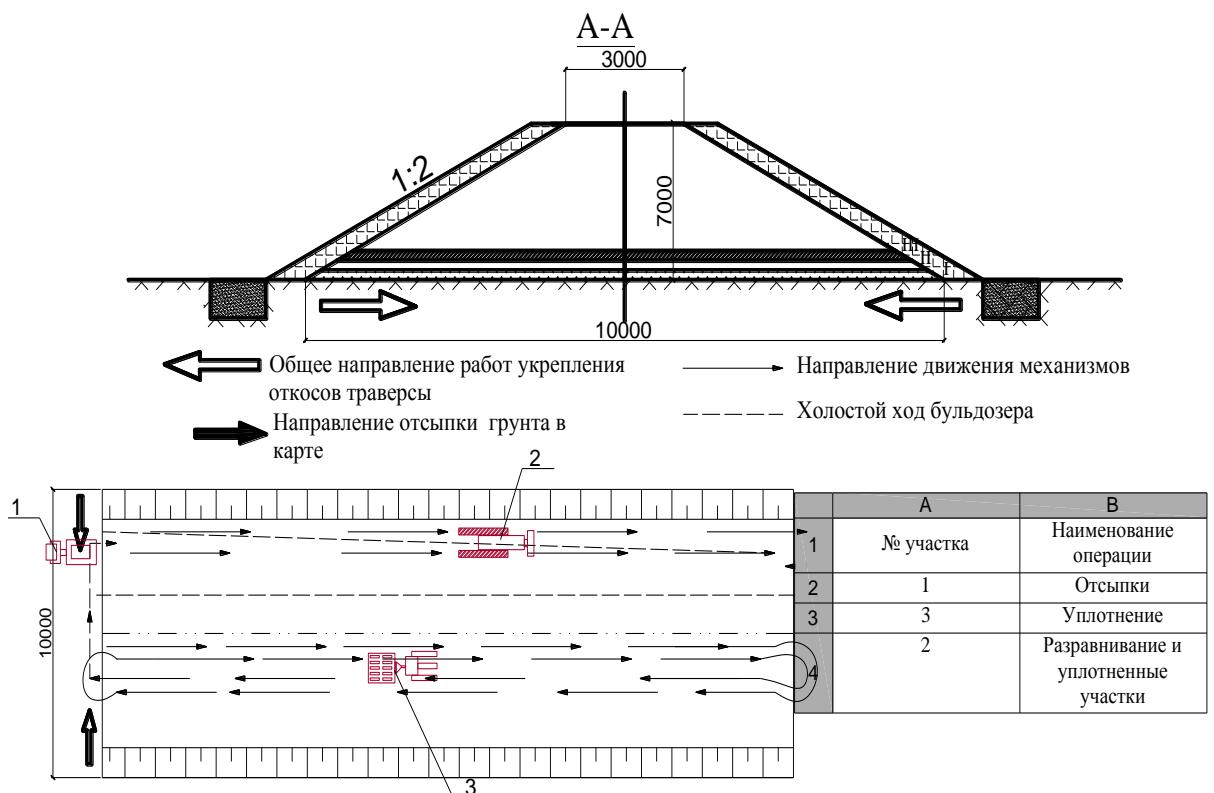


Рис. 3.12. Схема устройства грунтовой траверсы. Вариант III:  
I, II, III – грунт, отсыпаемый послойно; 1- автосамосвалы; 2 – универсальный бульдозер; 3 - пневмокаток массой 15 до 30 т.

### 3.4. Воздействие кавитационных процессов на состояние регуляционных сооружений

Формирование пузырьков или лакун воздуха в водной среде при местном снижении давления до состояния насыщенного пара называется кавитацией. Соотношение пара и воздуха в пузырьках и лакунах может изменяться от нуля до единицы.

Гидродинамическая кавитация имеет ограниченную область распространения и формируется при обтекании водным потоком каких – либо препятствий за счет локального снижения давления. При обтекании траверсы в водном потоке за счет разности скоростей вблизи траверсы и на некотором удалении появляются лакуны или полости, заполненные воздухом или паром. Лакуны и пузырьки образуются и схлопываются в пульсирующем режиме, который протекает наиболее интенсивно в приграничной области с траверсой.

В этом процессе вовлекаются частицы грунта, которые отрываются от тела насыпи (траверсы) и уносятся водным потоком.

Для снижения скорости течения вдоль насыпей целесообразно применение траверс, которые могут быть различной формы и располагаться под разным углом.

Рассматриваем два случая устройства траверсы

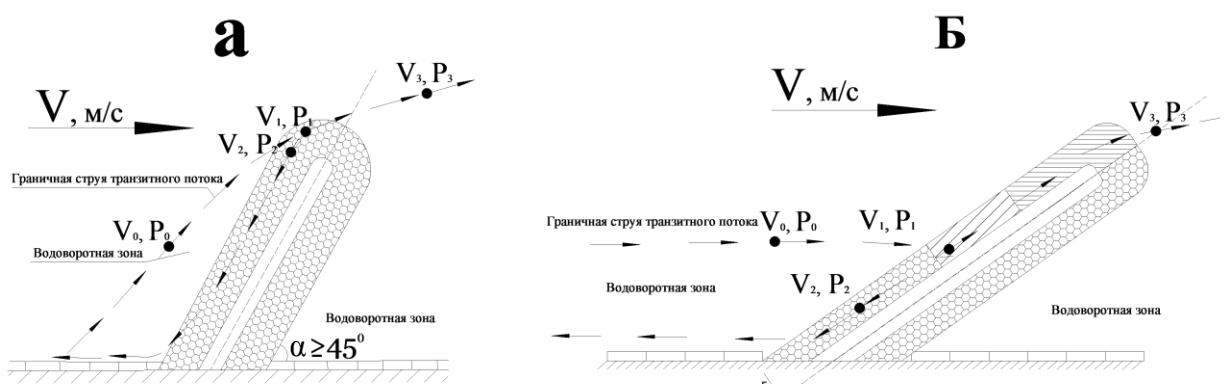


Рис. 3.13 . Направление граничной струи транзитного потока при устройстве траверсы:

а - примыкание под углом  $\alpha \geq 45^\circ$ ; б - примыкание под углом  $\alpha < 45^\circ$ [3].

Из рисунка 3.13., видно направление граничной струи транзитного потока, которое зависит от угла примыкания траверс. С применением устройства траверс скорость течения воды уменьшается. В начальный период течение воды представляет собой ламинарный поток. После соприкосновения с откосом траверсы в потоке формируется водоворотная зона и поэтому вдоль траверсы образуется турбулентное или вихревое течение воды. В этой зоне образуются крупные вихри, которые помнят энергию начального завихрения. За период короткого существования крупные вихри значительно изменяются и они вырождаются. Вырождение вихрей связано с их нестабильностью, которая приводит к их распаду на более мелкие. Крупные вихри получают заряд энергии непосредственно от водного потока, а уже более мелкие вихри получают свою энергию от крупных вихрей.

Вихревые структуры перемещаются внутри потока медленнее окружающей воды. Из-за их перемещения относительно основной массы воды по контуру вихрей образуются вязкие касательные напряжения, зависящие от скорости движения и радиуса вихрей. Величина напряжений в значительной мере зависит от радиуса завихрений. Жизнь мелких вихрей в основном определяется силами вязкости под воздействием сил диссипации, а их энергия трансформируется в тепловую энергию, т.е. турбулентная структура потока является результатом совместного процесса генерации вихрей и диссипации их тепла.

При исследовании граничной струи водного потока вдоль траверс необходимо иметь ввиду явления кавитации. Вся масса воды, перемещающаяся вдоль откосов траверсы, ускоряется и испытывает снижение местного давления. При снижении его до давления насыщенного пара возникает кавитация. Пузырьки пара и отдельные лакуны формируются в жидкости, при давлении близком к давлению насыщенного пара. Когда значение давления восстанавливается за препятствие, пузырьки пара схлопываются и среда обратно переходит в жидкое состояние. После первоначального схлопывания пузырьки могут формироваться и разрушаться снова, т.е. начинается пульсация.

Микроструя жидкости возникает когда восстановленное давление сминает пузырьки пара, затем они взрывают пузырек изнутри. Эти микроскопические гидроудары могут сформировать локальные волны избыточного давления. Комбинация пульсирующих гидроударов и микроструи, находящихся вблизи поверхности откоса отрывает частицы грунта и разрушает конструкцию траверсы.

Поэтому при устройстве регуляционных сооружений в виде траверс необходимо учитывать процессы кавитации, которые могут привести к дополнительным деформациям и подмыву их головных частей. Физический процесс кавитации аналогичен вскипанию жидкости. Разница между ними в том, что при увеличении скорости водного потока относительно препятствия понижается давление в потоке до вакуума. Вода вскипает, и формируются кавитационные парогазовые пузырьки микроскопических размеров. Кавитационные пузырьки, перемещаясь в область повышенного давления, схлопываются кумулятивными струйками в точки. В огромном количестве точек, кумулятивные эффекты приводят к мгновенному повышению давлений до десятков тысяч атмосфер, с образованием очень высоких точечных температур в. Кроме того, внезапное разрушение кавитационных лакун и пузырьков и происходит с гидроударом и формирует пульсирующие волны сжатия и растяжения в потоке воды с ультразвуковой частотой. При встрече ударной волны с твердым препятствием то она разрушает его поверхность. Кавитационный поток описывают числом кавитации:

$$X = \frac{2(P - P_s)}{\rho V^2}, \quad (3.18)$$

где  $P$  – гидростатическое давление набегающего потока, Па;  $P_s$  – давление насыщенных паров жидкости при определенной температуре окружающей среды, Па;  $\rho$  – плотность среды, кг/м<sup>3</sup>;  $V$  – скорость потока на входе в систему, м/с.

Кавитация сопровождается возникновением шума и вибрации. В результате диссертационных исследований установлено, что кавитация является главной причиной разрушения траверс и насыпей автомобильных дорог, размещенных на пойменных участках.

### **3.5. Повышение прочности и устойчивости насыпи земляного полотна, путем укрепления цементом и устройства противофильтрационных экранов**

Эксплуатационные требования прочности и устойчивости насыпи земляного полотна могут быть обеспечены путем стабилизации и укрепления грунтов цементом. Прочностные показатели укрепленных цементом грунтов в значительной степени зависят от химико-минералогического состава цемента, гранулометрии грунтов их засоленности и других свойств. Добавки к грунтоцементным составом мылонафта, соапстока и других веществ, образующих с цементом гидрофобные вещества, заполняющие поры, обеспечивает им повышенную водопроницаемость. Для связных грунтов целесообразно применять комплексное вяжущее одновременно с цементом, предварительно вводят известь (2–5 %) для формирования процессов хлопьеобразования, которые диспергируют грунт при проходе дорожно-строительных машин. Грунты, содержащие сульфаты в количестве более 1% представляют опасность при работе с ними, т.к. сульфат вступает в реакцию с цементом. В этом случае следует использовать цемент с низким содержанием трёхкальциевого алюмината или с высоким содержанием золы-уноса, доменного шлака, пущоланов. Кроме химических методов стабилизации грунтов земляного полотна выполняют мероприятия по предотвращению их переувлажнения поверхностными и грунтовыми водами [16, 17].

Можно применять устройство противофильтрационных экранов особенно в теле пойменных насыпей. При одностороннем подтоплении насыпи земполотна использование экранов помогает уменьшить участок просачивания воды из нижней части откоса, что снижает риск потери устойчивости. В случае двустороннего пойменного подтопления экраны устраивают с обеих сторон, которые снижают фильтрационный расход воды в теле насыпи, что также уменьшает степень обводненности грунтов и снижает риск утраты устойчивости насыпи.

Результаты исследований Семашкина К. В. Из СибАДИ [83] позволяют применять в теле пойменных насыпей устройство противофильтрационных

экранов из полимерных рулонных материалов; инъекционные технологии «Jet-grouting») с применением электрокоротажа и термического упрочнения. Применение этих способов в условиях эксплуатации грунтовой насыпи на пойме технически невозможно без ограничения движения по дороге. Технология «Jet-grouting» предусматривает использование энергии высоконапорной струи цементного (глиноцементного) раствора. При устройстве ПФ экрана по этой технологии появляется риск обрушения пойменных насыпей в период от прорезания насыпи до затвердения глиноцементного раствора.

Устройство противофильтрационного экрана из полимерных рулонных материалов начинается с вертикальной прорези в теле насыпи автомобильной дороги на всю ее высоту с заглублением в основание и последующей укладкой в нее полимерной пленки с последующим заполнением прорези грунтами обратной засыпки. Устройство вертикальной прорези в теле пойменной насыпи для укладки полимерных материалов в условиях обводненных грунтов должно выполняться с соблюдением мер по технике безопасности..

Фильтрационное сопротивление у таких экранов по высоте постоянно, поэтому требуется большее количество материалов на его устройство (рис. 3.14).

Противофильтрационный экран в теле пойменной насыпи автомобильных дорог состоит из q-элементов 4 (рис. 3.14). В свою очередь, элемент такого экрана состоит из i ступеней, каждая из которых имеет постоянный радиус r и свой коэффициент фильтрации K<sub>фэ</sub>.

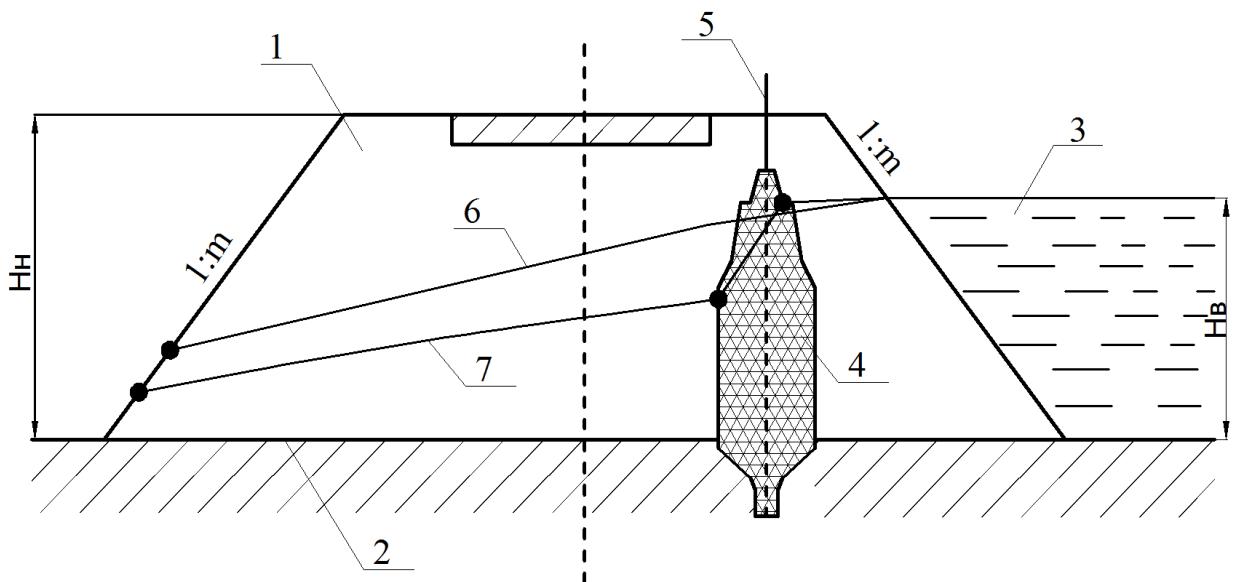


Рис. 3.14. Схематичная конструкция экрана в подтопленной насыпи земполотна:

1 – дорожная насыпь; 2 – водонепроницаемое основание; 3 – водоем; 4 – элементы экрана; 5 – инъекторы; 6,7 – кривая депрессии, до и после устройства экрана.

### 3.6. Выводы по главе 3

1. Для защиты и сохранения прочности и устойчивость насыпи автомобильных дорог на весь период эксплуатации предлагается устройство траверс на пойменных участках. Траверсы представляют собой инженерную конструкцию, примыкающую в поперечном направлении к земляному полотну под различными углами, для уменьшения скорости течения потока воды, оказывающие гидравлические воздействия на откосы насыпи автомобильных дорог при муссонных дождях.

2. Назначение траверс производится после расчета устойчивости откосов автомобильных дорог на пойменных участках и расчета местных размывов у поперечных регуляционных сооружений в процессе их применения.

3. Возможны два варианта устройства траверсы для защиты откосов насыпи автомобильных дорог от размыва на пойменных участках:

- при новом строительстве насыпи автомобильных дорог и траверсы можно построить одновременно.

- при существующем земляном полотне на пойменных участках насыпи необходимо нарезать уступы на откосе земляного полотна для обеспечения монолитности примыкания траверсы.

4. Практика эксплуатации пойменных участков откосов дорожной насыпи и траверс свидетельствует о необходимости разработки мероприятий по защите их от процесса кавитационного размыва и суффозионных деформаций.

5. Предложенное конструктивно-технологическое решение противофильтрационного экрана с переменным фильтрационным сопротивлением в пространстве насыпи позволяет обеспечить устойчивость пойменных дорожных насыпей при минимальной стоимости без ограничения движения автотранспорта.

## **ГЛАВА 4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ОТКОСОВ ПОЙМЕННЫХ НАСЫПЕЙ И ПОПЕРЕЧНЫХ СООРУЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО ВЬЕТНАМА**

### **4.1. Конструкции для защиты откосов земляного полотна от деформаций и разрушений**

Откосы автомобильных дорог на пойменных участках постоянно размываются под воздействием течения паводковых и селевых потоков при наводнении. Для защиты откосов и земляного полотна от разрушений и деформаций необходимо выбирать устойчивое, надежное, эффективное и экономически выгодное мероприятие. Кроме того, необходимо учитывать внешний вид этой конструкции для обеспечения визуального восприятия сооружения. Поэтому выбор конструкции укрепления откосов является одной из важных задач при проектировании и строительстве автомобильных дорог, особенно на пойменных участках.

При выборе конструктивных мероприятий для защиты откосов земляного полотна от деформаций и разрушений необходимо учитывать физико-механические свойства грунтов основания дорожной конструкции, погодно-климатические факторы, гидрологические условия наводнения и скорости течения потока воды, а также заложение откоса [63].

В зависимости от вида материалов, продолжительности, массы и особенностей условий страны Вьетнам можно применять разные типы конструкций укреплений: биологические, несущие, защитные и изолирующие.

В местах с благоприятными климатическими условиями для защиты откосов земляного полотна автомобильных дорог от размыва, эрозии, сплызов можно использовать биологические типы укрепления с применением одерновки, устройства прорастающих плетней и засева трав.

Дерн представляет собой один из биологических типов для укрепления откосов до 4 м. Дерн укладывается горизонтальными или наклонными по отношению к откосу рядами, травой вниз, за исключением последнего верхнего ряда, который укладывается травой вверх. Конструкции из дерна необходимо

много трудовых затрат и работ, выполняемых вручную. В настоящее время из-за трудностей с заготовкой дерна эта конструкция применяется очень редко.

Сплошную одерновку применяют для укрепления откосов из глинистых и суглинистых грунтов, а также подтапливаемых участков насыпей при скорости течения менее 0,6 м/с при отсутствии волн. Поэтому на пойменных участках с постоянным наводнением такой способ не рекомендуется.

В регионах с неблагоприятными климатическими условиями для защиты откосов земляного полотна от эрозионных процессов различного рода можно применять каменнонабросные защитные конструкции укрепления. Такая конструкция имеет преимущества простоты и небольшие затраты при строительстве.

На пойменных участках со скоростью течения потока менее 0,6 м/с и при отсутствии волн применяется конструкция откосов камнем в плетневых клетках. Для укладки клеток используют дерновые ленты шириной 0,25 м, длиной 2-3 м или штучные дернины размерами 20-30 см которые устанавливаются на поверхности откосов. Дерн клеток укладывается горизонтальными или наклонными по отношению к откосу рядами, травой вниз, а сверху засыпается тонкий слой грунта, с присыпкой последнего верхнего слоя бутовым камнем. В двух пересекающихся направлениях клетки устанавливаются деревянными или бамбуковыми сваями [4] (рис 4.1)..

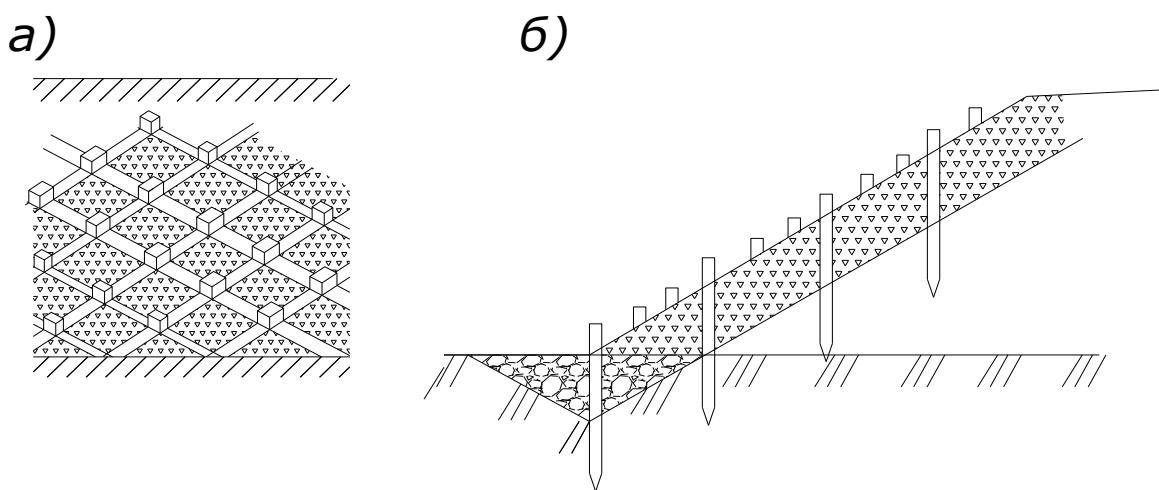


Рис. 4.1. Укрепление откоса камнем в плетневых клетках:

а – общий вид; б – разрез откоса.

Для защиты откосов крутизной не более 1:1,5 применяют типы конструкции укреплений откоса плетневыми заборами. Такая конструкция выполняется параллельно бровке автомобильной дороги с уступами высотой 0,5-0,6 м и крепится к поверхности откоса земляного полотна кольями. Колья длиной 1 м, толщиной в основании 4-5 см. Пространство за плетнем выстилается травой и засыпается грунтом (рис. 4.2).

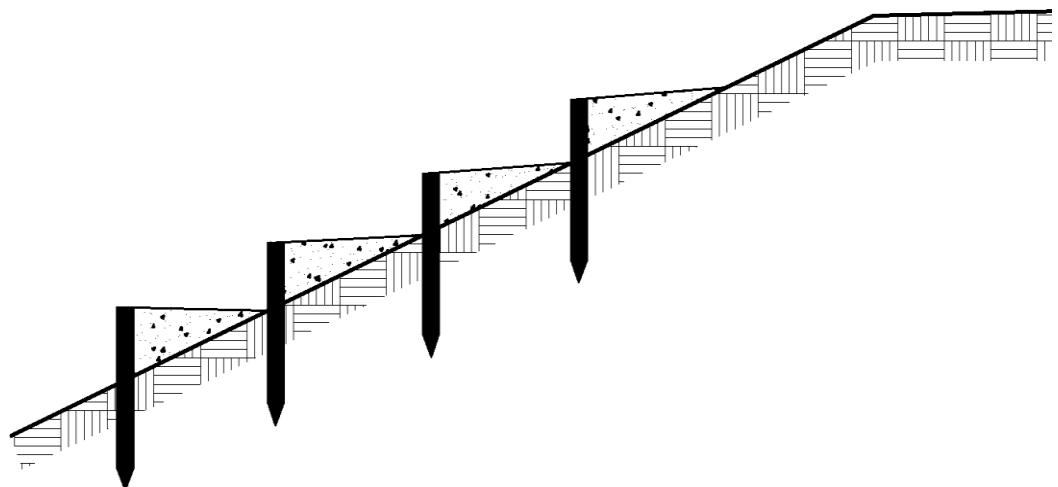


Рис. 4.2. Укрепление откосов плетневыми заборами

Для защиты откосов земляного полотна автомобильных дорог на пойменных участках от деформации эрозии и локального скольжения, пластического течения, сплызов и оплывов рекомендуем применять тип укрепления фашинных конструкций (рис. 4.3).

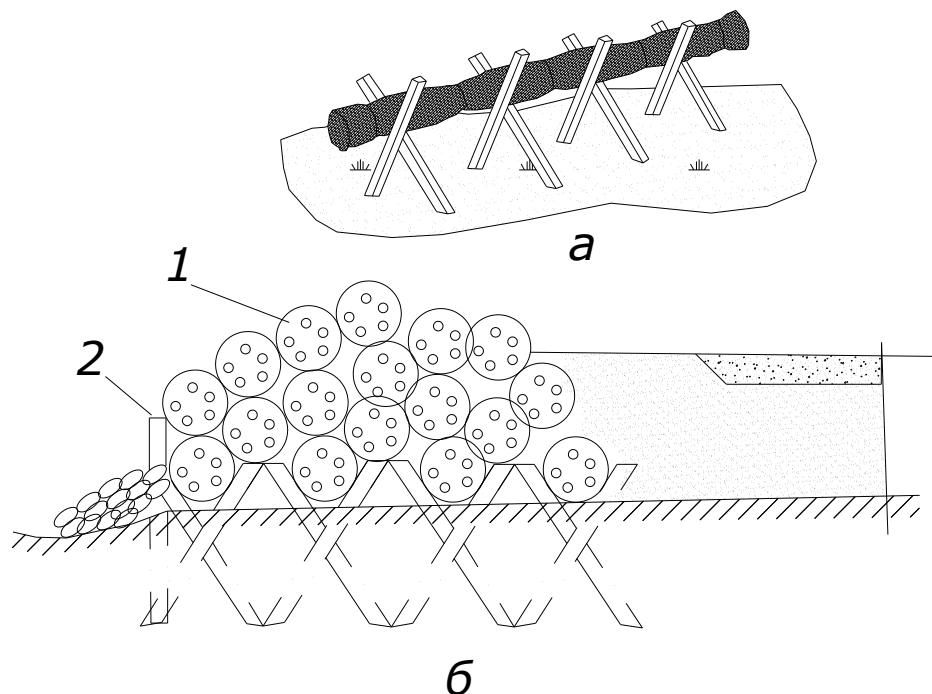


Рис. 4.3. Вязка фашин их хвороста на козлах (а) и схема укрепления откосов (б): 1 – фашины  $d = 0,2\text{--}0,3$  м; 2 – колья длиной 0,8–1,2 м [63].

Фашины изготавливают из гибкого длинного кустарника, очищенного от листьев и тонких ветвей, диаметр их составляет около 0,02 - 0,03 м а длина 2 - 4,5 м. В условиях Вьетнама можно использовать пластины из бамбука. Фашины перевязывают проволокой с шагом 1 м, на расстояние 0,8 – 0,9 м от концов фашины. Для установки фашины у откосов сначала устраивают деревянные или бамбуковые сваи в их нижней части. Потом укладывают каждую фашину сверху такой конструкции. Кроме того, для исключения быстрого процесса подмыва этой конструкции укрепления, необходимо забивать колья длиной 0,8 – 1,2 м (рис. 4.3).

Среди несущих защитных и изолирующих типов укреплений дорожных откосов выделяют: решетчатые конструкции, бетонные, железобетонные и асфальтобетонные плиты, гибкие асфальтобетонные материалы покрытий, сооружения из грунтов, с нанесением вяжущих на поверхность, конструкции из материалов изготавляемых набрызгивающим способом и различных синтетических материалов.

Для защиты откосов земляного полотна автомобильных дорог, на участках с периодическим наводнением, от воздействий грунтовых вод при скорости течения до 3 м/с и высоте волны до 0,6 м применяются бетонные и железобетонные плиты [38,39]. Бетонные плиты применяют размерами 1,0 x 1,0 x 0,16 и 1,0 x 1,0 x 0,2 м. Железобетонные плиты имеет два типа: мелкоразмерные (0,49x0,49x 0,08 м) и крупноразмерные (1,00 x1,00 x0,14 м). Выбор размеров бетонных и железобетонных плит зависит от скорости течения, высоты волны и крутизны наклона откосов (рис. 4.4). Конструкции укрепления бетонные и железобетонные для защиты откосов от деформаций и разрушений требуют большой стоимости затрат строительстве.

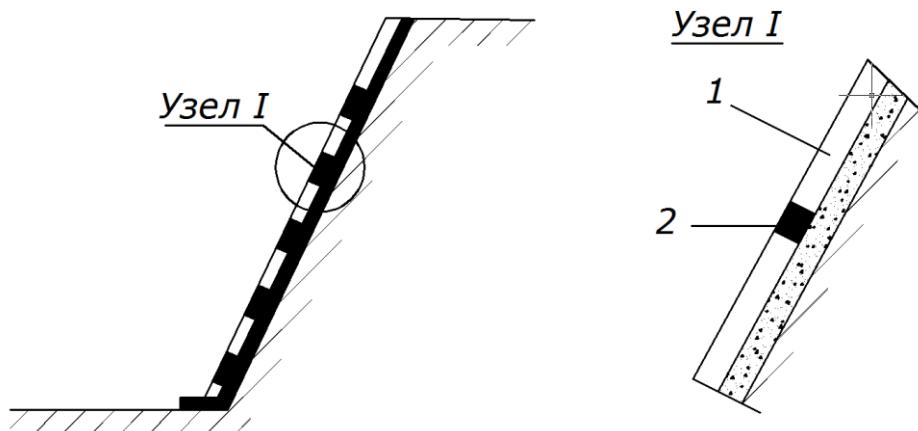


Рис. 4.4. Укрепление откоса бетонными и железобетонными плитами:  
1 – бетонные или железобетонные сборные плиты; 2 – битумно-полимерная мастика.

Для уменьшения финансовых затрат при строительстве можно применять способ укрепления каменной наброской. Такая конструкция широко применяется при высоких откосах для предотвращения процесса размыва под воздействием поверхностных вод и волн. Такая конструкция имеет такие преимущества как: малая трудоемкость, экономичность, простота для ремонта и восстановления (рис. 4.5).

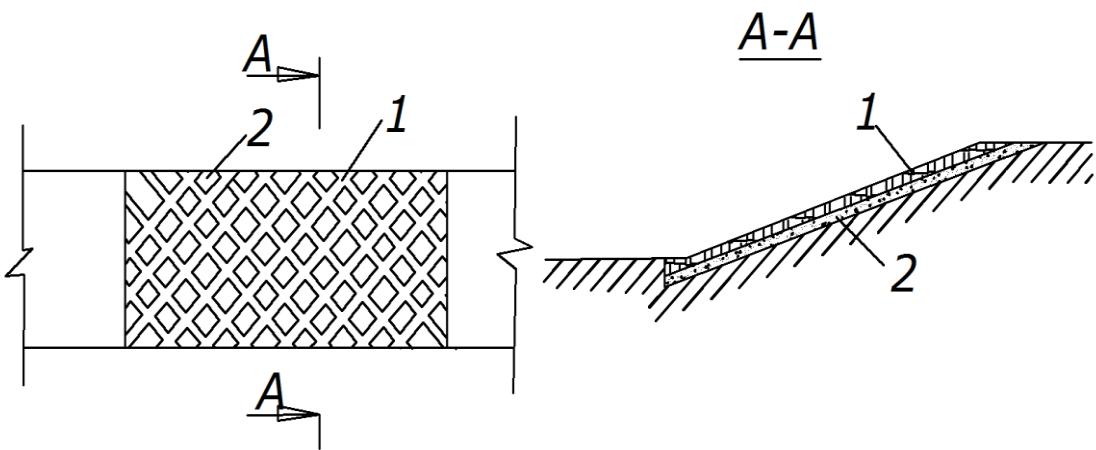


Рис. 4.5. Укрепление откоса каменной наброской в ящиках георешетки:  
1 – ящики георешетки; 2 – каменная наброска.

Кроме того, для защиты откосов автомобильных дорог от размыва на подтопляемых участках можно применять конструкции укрепления сборно-монолитной консольной стены с облегченными тюфяками. Это сооружение состоит из стены с фундаментом мелкого заложения, сооружаемой из блоков или в монолите. Для предотвращения размыва сооружения, перед ним на отметке горизонта меженных вод на расстоянии 5-6 м друг от друга устраиваются облегченные тюфяки [77].

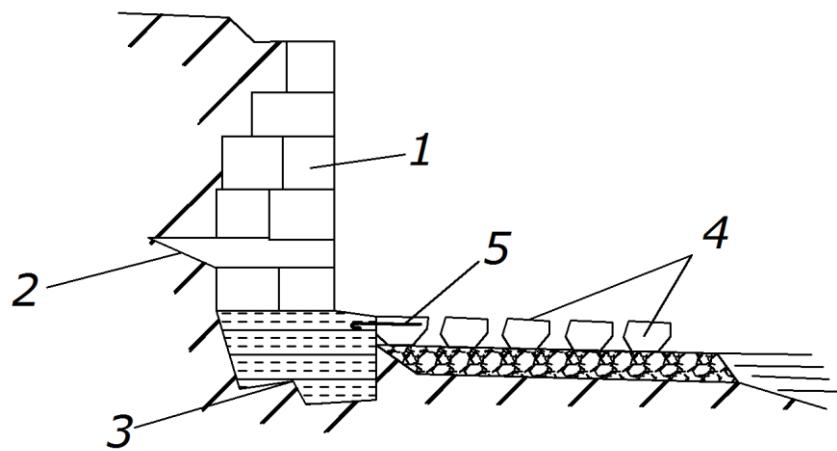


Рис. 4.6. Сборно-монолитная консольная стена с облегченными тюфяками:  
1- сборные бетонные блоки; 2- железобетонная консоль; 3- монолитная кладка;  
4- тюфяки; 5- связь из арматурной стали.

На пойменных участках со скоростью течения потока воды при наводнении не превышающей 4 – 5 м/с применяются скользящие массивы (рис. 4.7) для защиты откосов автомобильных дорог от разрушений и деформаций.

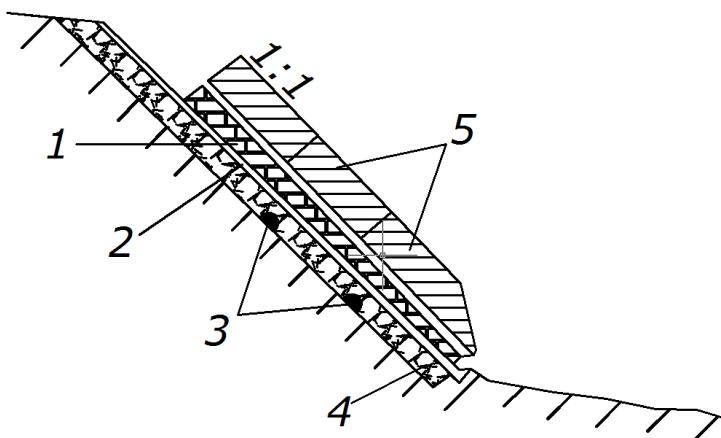


Рис. 4.7. Скользящие массивы: 1-бруски-салазки; 2-направляющие железобетонные балки; 3-продольные железобетонные балки; 4-сухая кладка из крупных рваных камней; 5-скользящие массивы из бетонных блоков.

Оседающие массивы используются в случаях, когда в у основания откоса присутствуют булыжники и крупные валуны. Данный тип строительных материалов мало затратен и легок в производстве.

В случае наличия сильного течения (при скоростях 4-6 м/с), оседающие массивы сооружаются с основанием из кирпичей.

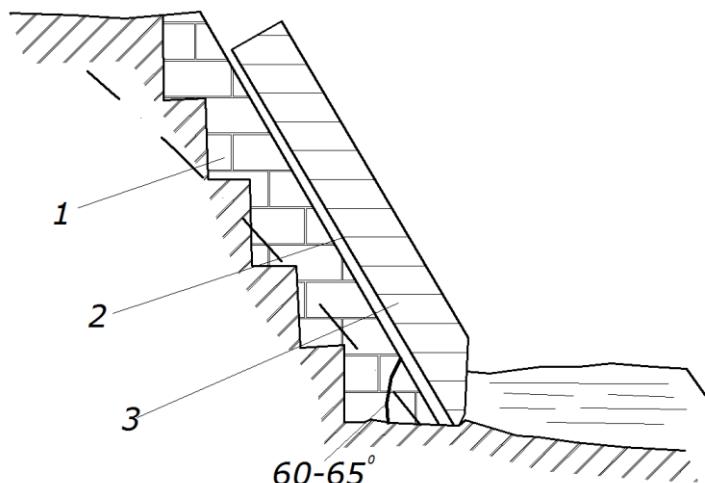


Рис. 4.8. Подпорно-оседающие стенки-массивы:

1-сухая кладка из камня; 2-прокладка из толя; 3-бетонные массивы.

## **4.2. Технология укрепления откосов с использованием габионов и матрасов**

В настоящее время габионные конструкции для укрепления откосов насыпей автомобильных дорог на пойменных участках уже применяются во многих странах. Во Вьетнаме с помощью японских специалистов габионные конструкции для укрепления откосов насыпей на пойменных участках сначала применялись на юге страны. Опыт эксплуатации показывает, что применение габионных конструкций значительно экономичнее бетонных, железобетонных и каменно-набросных. Они обеспечивают усиление, стабилизацию и защиту земляного полотна, особенно на пойменных и подтопляемых участках.

Габионы представляют собой пространственную конструкцию из оцинкованной сетки двойного кручения, заполненную природным камнем. Габионные конструкции имеют следующие виды: коробчатые, матрасно-тиюфячные и цилиндрические (рис. 4.9). В соответствии с целями использования габионные конструкции являются оптимальным инженерно-экологическими сооружениями для защиты откосов пойменных насыпей и берегов рек от опасных воздействий течения потоков вод со скоростями от 4 – 6 м/с [63].

Кроме того, габионные конструкции применяют для устройства слабых грунтов оснований, возведения подпорных стенок, защиты от осипей и камнепадов.

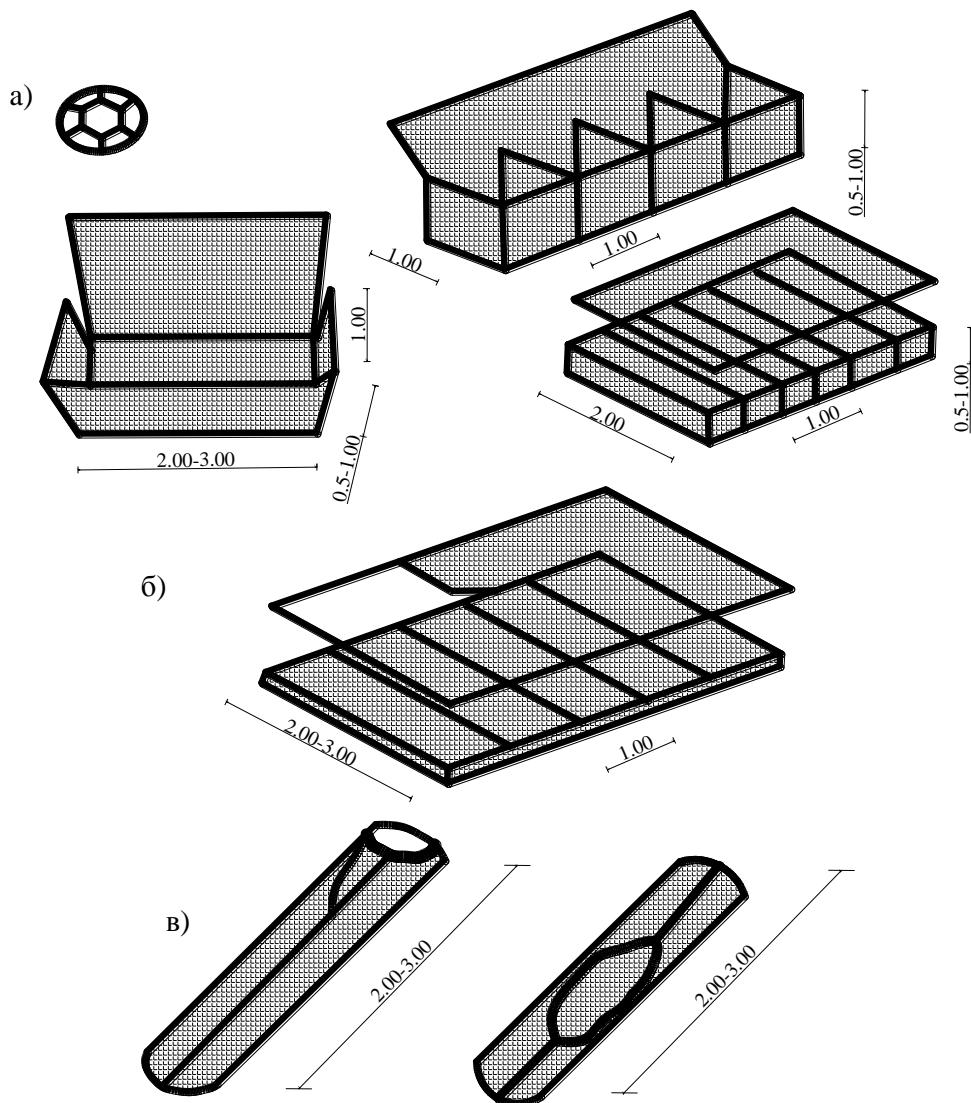


Рис. 4.9. Виды арматурно-сетчатых габионов:  
а – коробчатые; б – матрасно-тюфячные; в – цилиндрические.

При выборе типа для укрепления откосов насыпей и поперечных сооружений (траверс) на пойменных участках необходимо учитывать воздействие ударно-сдвигающих усилий, возникающих в поверхностных слоях грунта откосов земляного полотна, интенсивность размывающих влияний паводковых и меженных вод, карчеход, стекание поверхностных и инфильтрационных вод.

На пойменных участках постоянно происходит процесс наводнения, т.е. откосы насыпей и поперечных сооружений (траверс) подвергаются влиянию поверхностных вод, из-за которого в нижней части их возможно появление

процесса размыва. В этих случаях необходимо применять различные комбинированные типы укреплений.

Устойчивость земляного полотна автомобильных дорог на пойменных участках за весь период эксплуатации сильно зависит от устойчивости и прочности поперечных сооружений (траверс). При размещении траверс вдоль пойменных насыпей для уменьшения влияния течения потока воды на земляное полотно будет возникать процесс кавитации на границе воды и откосов траверс. Это явление является причиной разрушения головы поперечных сооружений. Поэтому необходимо укрепление нижней части откосов поперечных сооружений для уменьшения подмыва.

Длина матрасов, укрепленных в нижней части головы поперечных сооружений определяется по формуле:

$$L > 2,5(\Delta Z + 0,5), \quad (4.1)$$

а высота заглублений габионных стенок, устраиваемых без матрасов, по формуле:

$$\Delta H > \Delta Z + 0,5, \quad (4.2)$$

где  $\Delta Z$  – прогнозируемая глубина размывающей воронки.

В зависимости от типа грунтов оснований, автомобильных дорог расположенных вдоль речных долин, условий подтопления (постоянного, периодического и меженного) и других гидрологических факторов необходимо выбрать оптимальное инженерное конструктивное решение для укрепления откосов пойменных насыпей и поперечных сооружений. Для габионного укрепления таких откосов применяют следующие схемы возможных конструктивных решений, приведенных на рис. 4.10, 4.11, 4.12 [46].

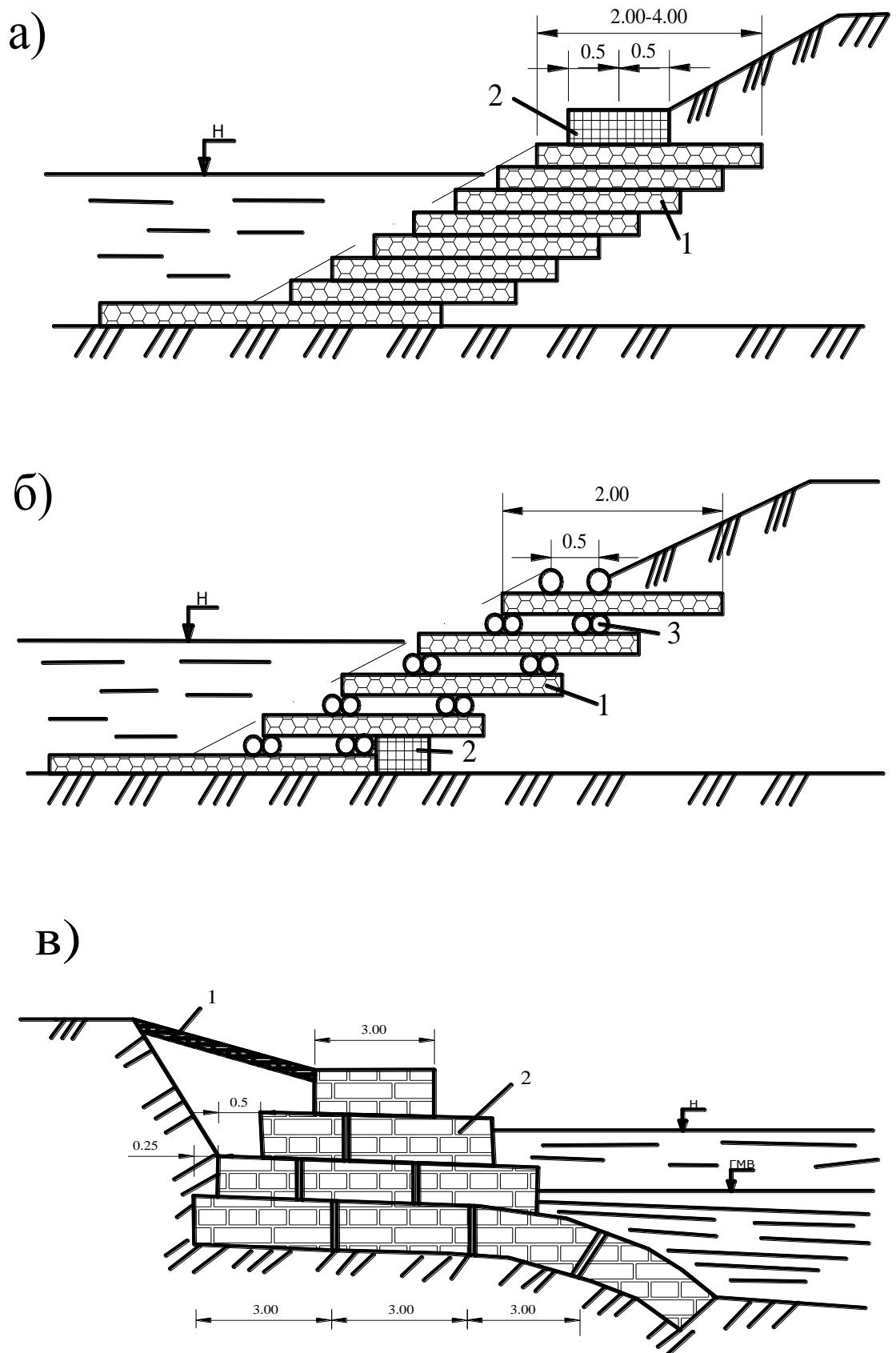


Рис. 4.10. Схемы габионных укреплений дорог вдоль береговой линии: а - с применением матрасов; б, в - комбинированные откосно-ступенчатые; 1 - облицовка матрасами; 2 - линия размыва

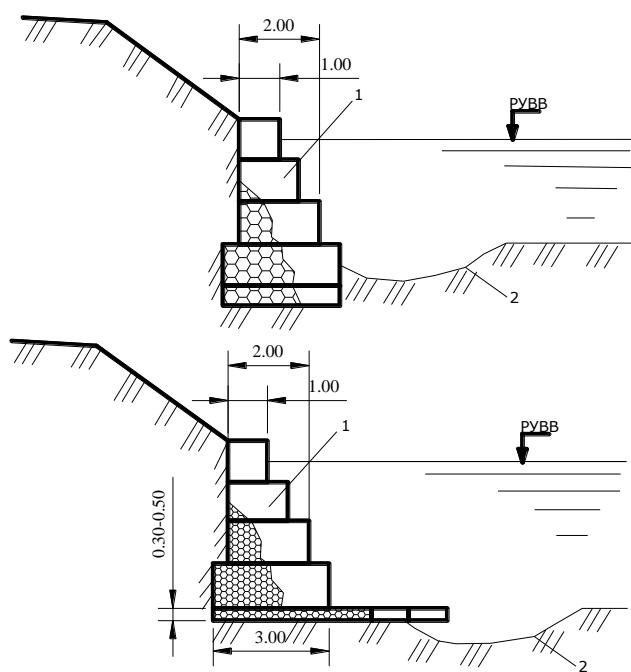


Рис. 4.11. Подпорно-защитные габионные укрепления прибрежных сооружений: 1 - конструкция из габионов; 2 - линия размыва

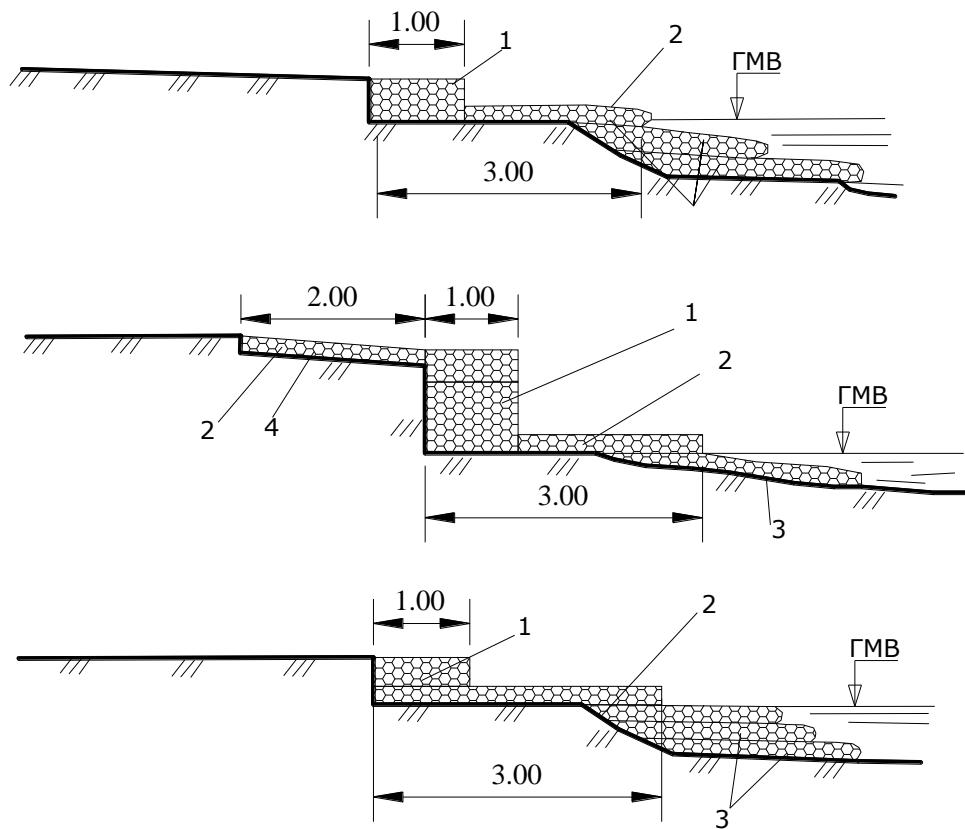


Рис. 4.12. Схемы возможных габионных укреплений берегов при пологих поверхностях поймы и берегов:

1 - коробчатые габионы; 2 - матрасы; 3 - цилиндрические габионы; 4 – геотекстиль.

Габионные конструкции применяются эффективно от коррозии в морской воде или другой химически агрессивной среде. Габионные конструкции обладают высокой несущей способностью восприятия нагрузки, обусловленной большими осадками или прогибами грунта. При нарастании напряжений конструкция начинает деформироваться, но разрушение габионной конструкции не происходит, а защитное сооружение сохраняет свои прочность и устойчивость.

Кроме того, габионные конструкции не препятствуют росту растительности и сливаются с окружающей природной средой, они являются наиболее экологически безопасной конструкцией для сохранения и улучшения ландшафта.

На рис. 4.12. предусматривают компоновочные габионные конструкции, состоящие из матрасов, коробчатых и цилиндрических габионов. Определения количества рядов габионов зависит от глубины меженных вод.

#### **4.3. Укрепление откосов бамбуками для защиты от размыва**

Для пойменных насыпей автомобильных дорог и регуляционных сооружений при больших глубинах размыва (5-8 м) можно применять конструкцию из бамбуковых свай. Такие конструкции можно использовать для укрепления откосов насыпей и траверс на пойменных участках. Основание пойменного участка практически всегда состоит из слабых (глинистых) грунтов. Поэтому для предохранения откосов от процессов размыва рекомендуется применять конструкции из бамбуковых свай, которые наиболее эффективны (рис.4.13). Опыт показывает, что срок службы бамбука во влажной среде может достигать до 50 лет [33].

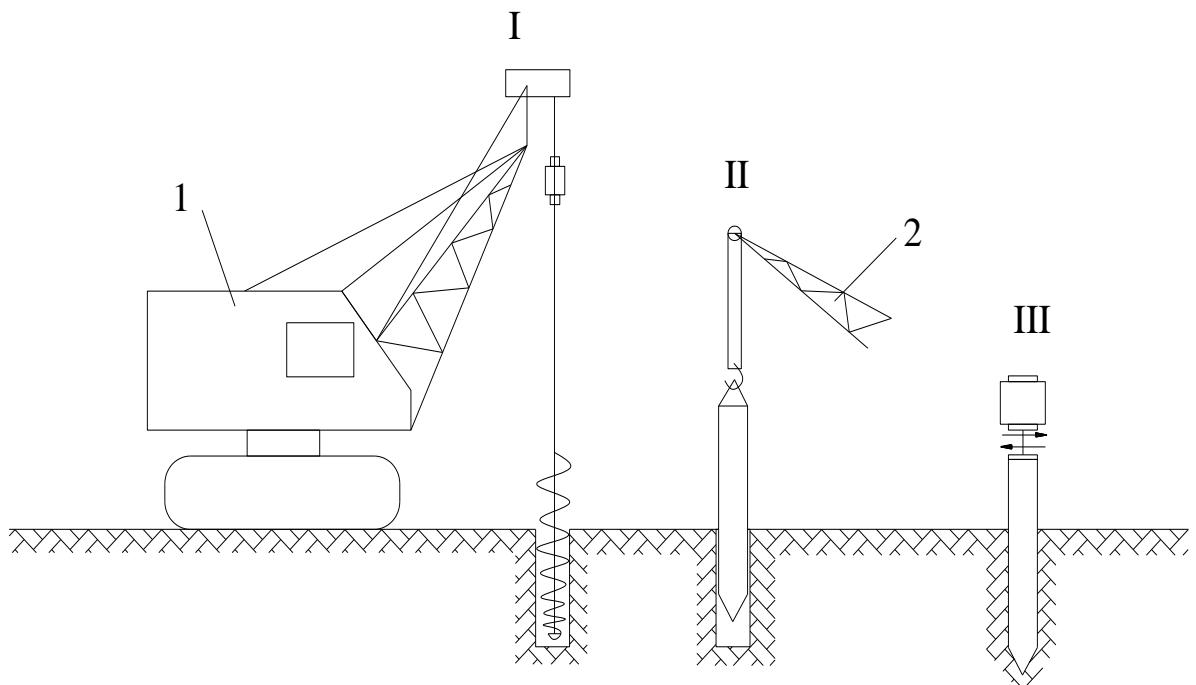


Рис. 4.13. Технологическая схема устройства бамбукового свая

I – бурение скважины; II – установка бамбуковой сваи; III – забивка бамбуковой сваи; 1 – бурение скважины; 2 – экскаватор.

Конструкция укрепительных сооружений из бамбука в виде свай устанавливают в нижней части откосов, а в верхней части откосов можно применять геосетки из бамбуковых планок. Бамбуковые стволы рабочий расщепляет на тонкие планки, которые обладают большой прочностью при растяжении. Потом эти планки соединяются в виде сетки с ячейками 10x10см или 15x15см.



Рис.4.14. Процесс изготовления бамбуковой решётки

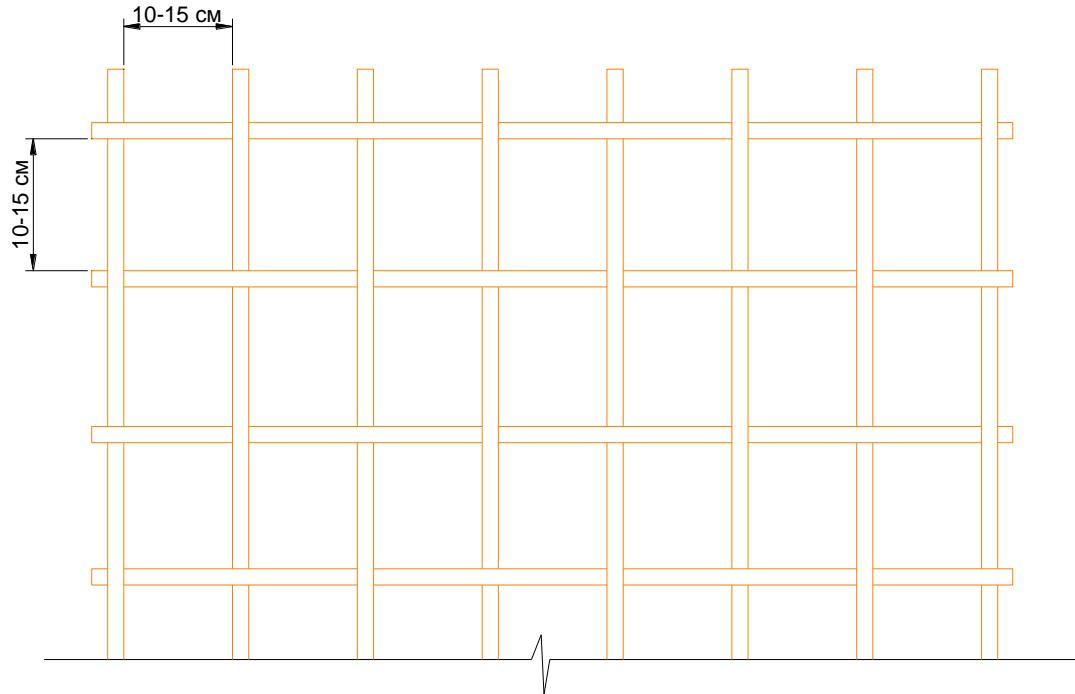


Рис.4.15. Решётка из бамбуковых планок

Для защиты от вредного влияния вредных дорожных веществ необходимо пропитывать бамбуковые планки или обмазывать их поверхности изоляционными веществами. По вьетнамским традиционным способам можно вымачивать бамбуковые планки в глине с высокой влажностью в течении 5-7 месяцев для повышения их прочности и устойчивости при эксплуатации.

Применение решётки из бамбуков для укрепления откосов имеет значительные преимущества: мало затрат на строительство, экономно, небольшой вес и для установки не требуется наличие дополнительной техники.

Бамбуковые планки соединяются с помощью завязок. Бамбуковые планки закрепляют в откосы с помощью ивовых черенков. Внутри ячеек геосетки засыпается грунт и высеваются семена трав (рис 4.16 и 4.17).

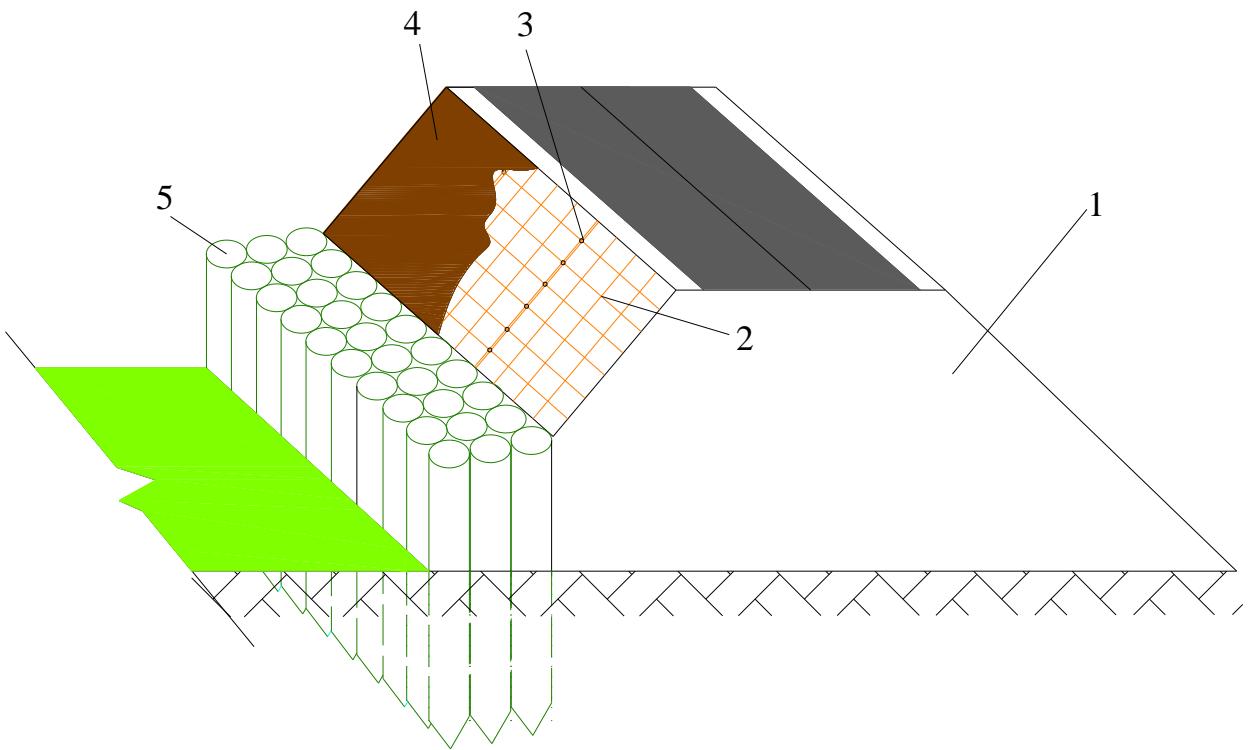
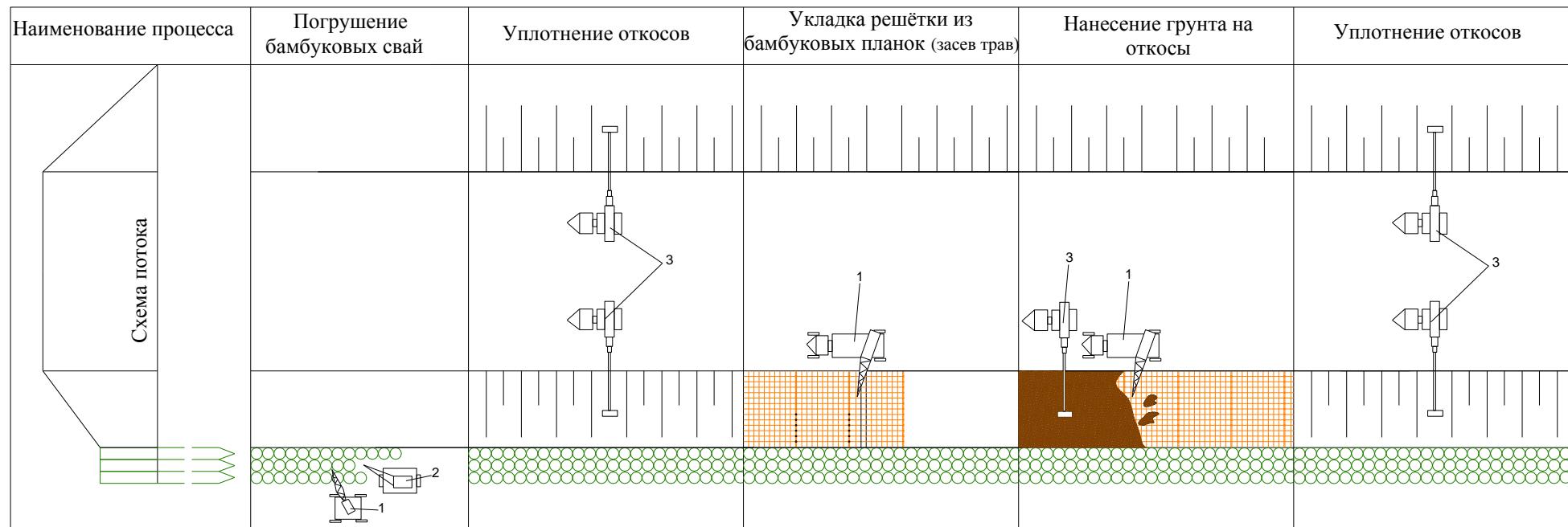


Рис. 4.16. Укрепление откосов насыпи бамбуковыми сваями и сетками из бамбуковых пленок:

1 – насыпь автомобильных дорог; 2 – сетки из бамбуковых планок; 3 – анкеры; 4 – отсыпка грунтов; 5 – бамбуковые сваи.

#### **Рис. 4.17. Технологическая карта выполнения комплекса работ по укреплению откоса насыпи бамбуковыми сваями и решётками из бамбуковых планок**



1- экскаватор; 2 – бурение скважины; 3 – экскаватор планировщик

#### **4.4. Применение засева трав для защиты откосов от деформаций**

Для защиты откосов пойменных насыпей и поперечных сооружений от деформаций и разрушений можно применять мероприятия укрепления засевом трав. Укрепление засевом трав надежно защищает откосы земляного полотна автомобильных дорог от эрозионных разрушений, размыва на пойменных участках. Необходимо применять травы, отличающиеся большой долговечностью, неприхотливостью к почвенно-грунтовым условиям на откосах, достаточно быстрым развитием мощной корневой системы, способностью своими корнями и корневищами формировать на откосах прочный дерновый покров.

Перечисленным требованиям наиболее полно удовлетворяют травы Vertiver. Они характеризуются большой долговечностью и неприхотливостью



Рис.4.18. Трава Vertiver

Результаты исследования показали, что травы Vertiver применяются широко для укрепления откосов на пойменных участках. Они хорошо защищают откосы от размыва. Прочность от размыва потоком воды равна 1/6 прочности бетона. Такие травы применяются для укрепления откосов на пойменных участках, где образуют прочный барьер против эрозии, размыва и обеспечивают защиту

земляного полотна автомобильных дорог. Система корней трав создает плотную сетку, которая предохраняет грунты от размыва потоком воды. Кроме того, Корни трав в откосах растут быстро и вертикально.

Стебель, травы сильный, твердый и жесткий. Трава растут вертикально как кустарники, при этом один корень создаёт много побегов. Трава растёт вертикально, средняя высота от 1,5 до 2 м, при этом сильно разветвляется в нижней части. Корни формируют мощную дернину и в течение года заглубляются до 3,0м.

Травы Vertiver широко используются во многих странах мира для предотвращения эрозии почвы.

Трава Vertiver растут в диапазоне температуры от 18 до 25°C. Минимальная температура равна -15°C, максимальная температура равна 50°C. Травы устойчивы к неблагоприятным условиям, таким как затяжные засухи, наводнения, подтопления. Травы могут выдерживать в времени подтопления до 45 дней, в глубокой воде 0,6-0,8 м , и в диапазоне температуры от -10°C до 48°C.

Для обеспечения развития травы Vertiver потребуется минимально около 300 мм , дождь ежемесячно является идеальным условием для развития травы.

Травы растут во влажных условиях или подтоплении более 3 месяца, на различных почвах в условиях хорошего освещения.



Рис. 4.19 Укрепление травойVertiver откосов от деформаций

#### 4.5. Рекомендации по проектированию пойменных насыпей автомобильных дорог в условиях Северного Вьетнама

Территория Северного Вьетнама характеризуется равнинной местностью с рисовыми чеками, поэтому автомобильные дороги строятся преимущественно в насыпях.

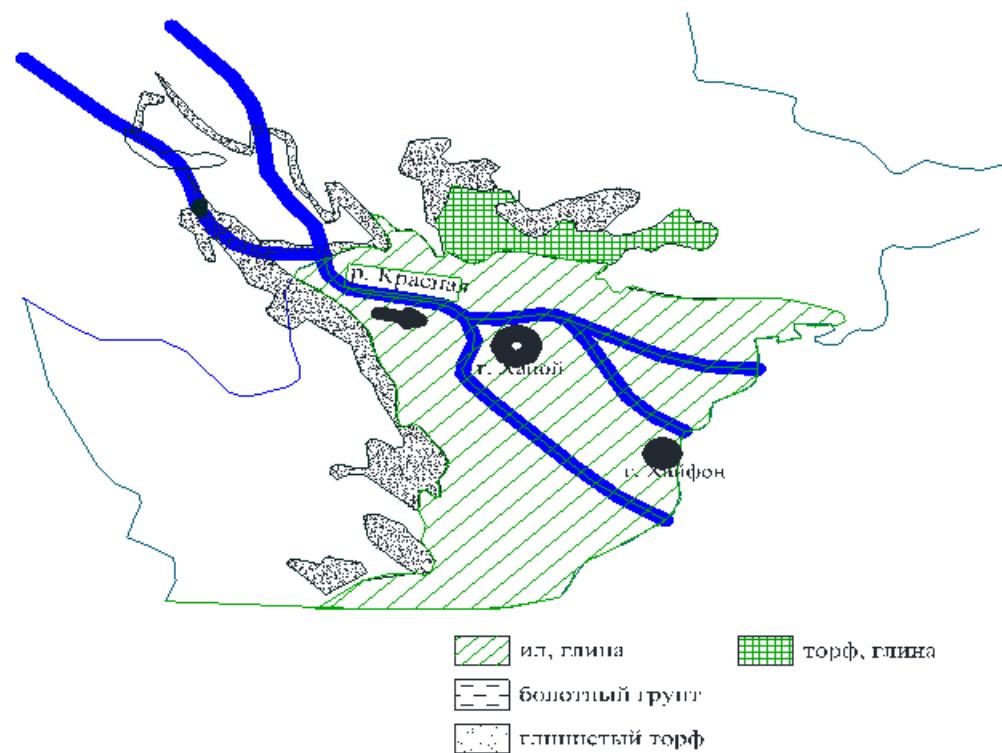


Рис 4.20. Схема распределения слабых грунтов на Севере Вьетнама

По вьетнамским геологическим исследованиям отложения слабых грунтов представлены молодыми отложениями, образовавшимися в четвертичном периоде [52, 106]. Основная равнинная территория Вьетнама является зоной отложений Красной реки.

Наибольшее распространение получили отложения — илы и связные грунты, имеющие консистенцию от мягкопластичной до текучей. Распространены отложения различных болотных грунтов, торфа и засоленных грунтов около моря.

В геологическом строении пластов слабых грунтов обычно сочетаются разные слои вперемежку. Пласт грунта состоит обычно из трех слоев слабых грунтов, при этом толщина большого пласта может превышать 40м.

При проектировании и строительстве пойменных насыпей автомобильных дорог следует учитывать специфические условия, которые отсутствуют при прохождении дороги по водоразделу. Земляное полотно на пойменных участках постоянно или периодически испытывает воздействие водных потоков, которые переувлажняют грунт тело насыпи, оказывают размывающие воздействия, вызываемые перемещением водной массы или волнением.

### **Определения необходимой плотности грунта.**

Для того, чтобы насыпь работала практически в упругой стадии, при возникающих положительных и отрицательных нагрузках, нужна определенная плотность уложенного в сооружении грунта  $\rho_{d,,T}/\text{м}^3$ .

Необходимую в земляной насыпи плотность укладки  $\rho_d$  для песчаных и глинистых грунтов рассчитывают:

$$\rho_d = k \cdot \rho_d^{\max}, \quad (4.3)$$

где  $k$  – минимальный коэффициент уплотнения,  $k = 0,98$  для верхней и  $k = 0,95$  для нижней частей, см. табл.5.4 стр.297 [112];

$\rho_d^{\max}$  - максимальная плотность сухого грунта,  $\text{т}/\text{м}^3$ .

Плотность грунта в насыпи с учётом влажности определяется зависимостью:

$$\rho = \rho_d \cdot (1 + W), \quad (4.4)$$

где:  $W$  - оптимальная влажность.

Удельный вес грунта насыпи определяется по формуле:

$$\gamma_h = \rho \cdot g; \quad (4.5)$$

Защитный слой – это толща пропускающего влагу грунта, для которого необходим заданный коэффициент уплотнения, а толщина его определяется из условия принципиальной невозможности появления в нем пластических деформаций.

В соответствии с СТН Ц-01-95 толщина защитного верхнего слоя  $h_{\text{заш}}$  для насыпи, отсыпанной супесью составляет 0,5-0,7 м.

С целью уменьшения процесса размыва в нижней части откосов земляного полотна автомобильных дорог на пойменных участках размещают поперечные регуляционные сооружения. Регуляционные сооружения по назначению подразделяются на следующие виды: продольная дамба; траверса; запруда; углубление русла; полузапруда.

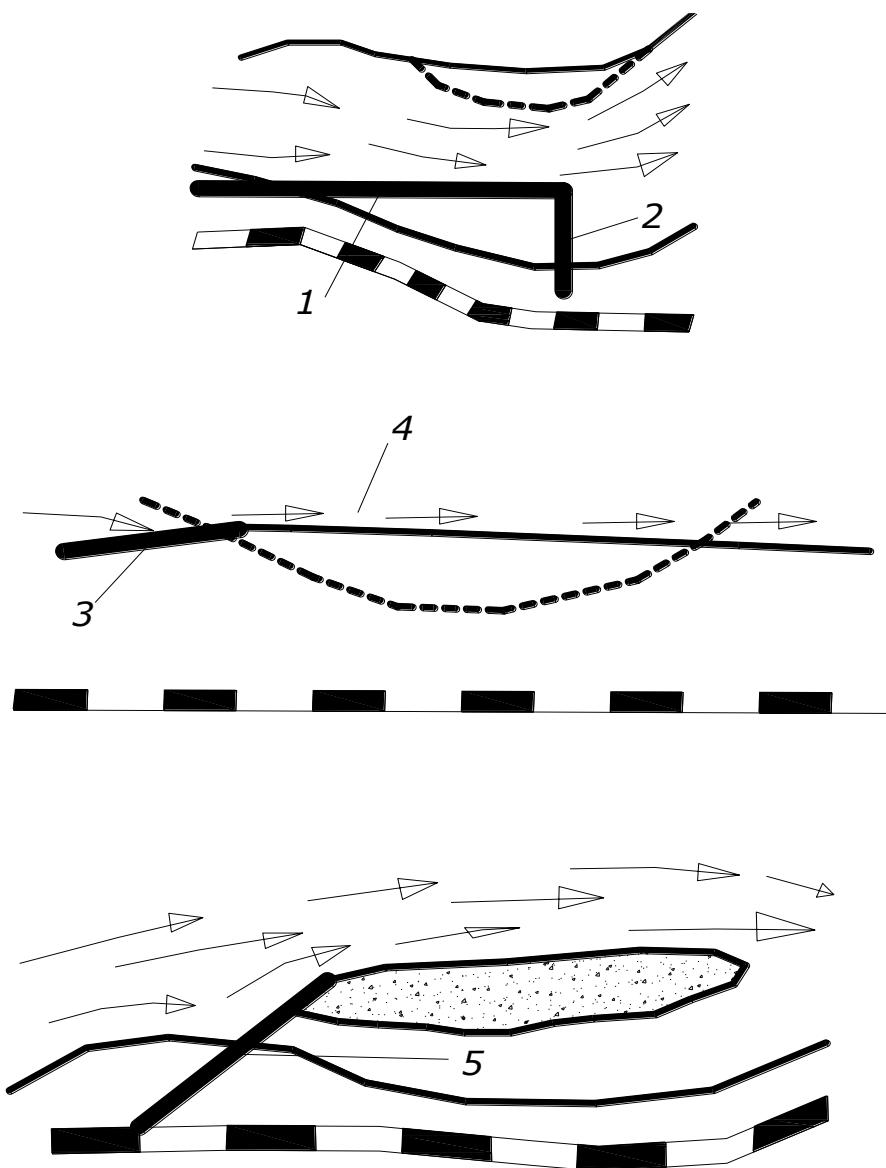


Рис. 4.21. Регуляционные сооружения:

- 1 — продольная дамба;
- 2 — траверса;
- 3 — запруда;
- 4 — углубление русла;
- 5 — полузапруда.

Регуляционные сооружения применяются в целях изменения и уменьшения направления течения потока воды. В результате чего, гидрологическое воздействие вод не влияет на защитное сооружение. Возведение тела регуляционных сооружений выполняется из местного грунта, бетона, камня и т.д. Величину крутизны откосов таких сооружений рассчитывают в зависимости от высоты этих сооружений, расчетных скоростей течения, давлений волны, видов применяемых укреплений. Высоты регуляционных сооружений определяют исходя из принципиальной невозможности подтопления автомобильной дороги, при повышении уровня воды.

Кроме того, при небольших геометрических размерах, тела регуляционных сооружений можно возводить из цилиндрических габионов, фащин (хворостяные или хворостянокаменные вязанки, скрепляемые проволочными скрутками), сипаев (сооружения состоящие из бревен в виде вышек, которые заглубляются в дно реки и имеют горизонтальную площадку в виде ячеек, отсыпаемых камнем).

По назначению применения поперечные регуляционные сооружения подразделяются на сплошные и сквозные конструкции. Сплошные конструкции обтекаются и отжимают течение потока вод, а сквозные конструкции оказывают влияние только на часть потока, практически не изменяя направления движения. Опыт эксплуатации показывает, что эффективность сквозных сооружений меньше, чем сплошных сооружений при одинаковых условиях. Поэтому в практике применение сквозных конструкций очень невелико.

Система поперечных регуляционных сооружений при правильном строительстве и размещении помогает отжимать течения потока от насыпи и направляет поток вдоль головных частей траверсов. Скорости течения при использовании поперечных регуляционных сооружений снижаются, следовательно процесс размыва откосов уменьшается.

Положение траверс определяется на частях подходной насыпи, у которой происходит изменение направления течения вверх от моста. Наибольшая необходимость сооружения траверс возникает при косом пересечении пойменного потока и значительных поперечных сечениях поймы, и высокой

вероятности возникновения значительных скоростей течения. В момент обтекания траверсы течением у ее основания возникает местный размыв дна. Для того чтобы предотвратить возможность подмыва основания (корня) траверсы и откоса насыпи, примыкающего к ней, длина траверсы должна составлять не менее четырехкратной глубины.

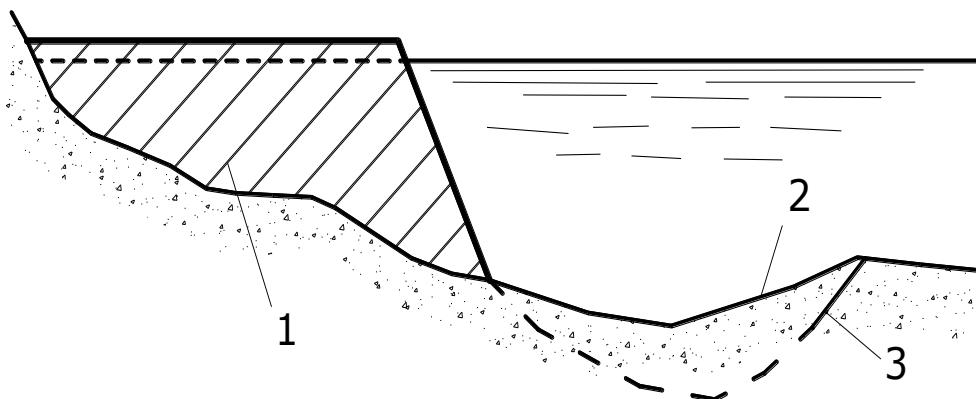
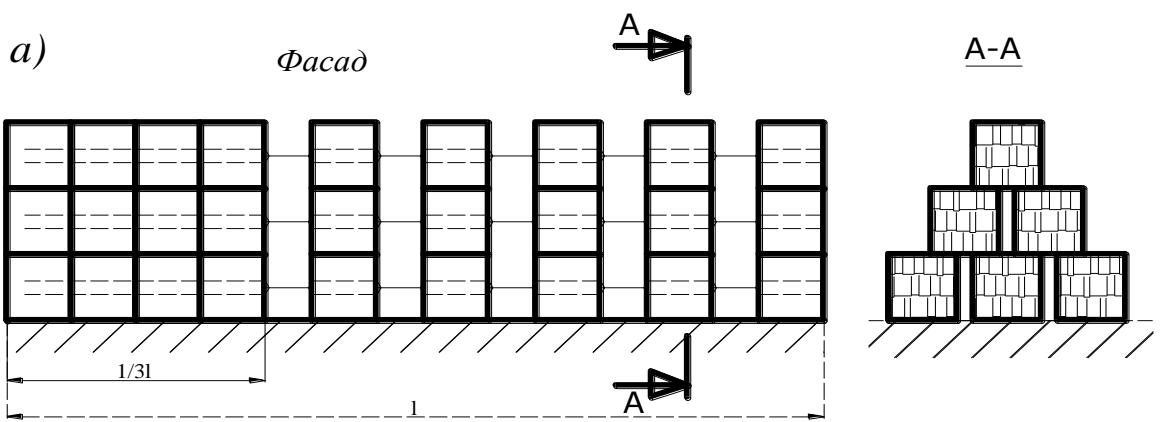


Рис.4.22. Схема работы регуляционного сооружения (поперечное сечение):  
1- траверса 2- дно до строительства траверсы;3- дно после строительства  
траверсы.

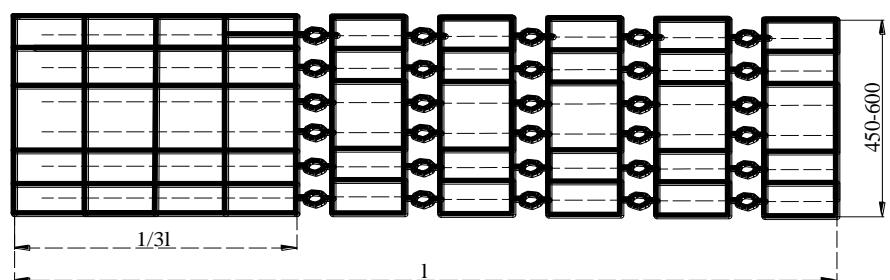
При размещении поперечных регуляционных сооружений необходимо учитывать глубинную эрозию основания траверс.

Виды грунтов основания размещения поперечных сооружения сильно влияют на эффективность работы этих сооружений. Если траверсы размещаются на мелкопесчаных грунтах, то под воздействием течения потока воды скорость размыва будет иметь относительно большие значения, а если в крупнозернистых и связанных грунтах - то возникают большие скорости течения и длительные периоды воздействия, что требует значительного углубления дна.

Материалы тела сквозных поперечных регуляционных сооружений выполняют из бетонных прямоугольных массивов со сквозными зазорами между ними (рис. 4.23,а) и из сборных железобетонных свай, между которыми уложены железобетонные балки (рис. 4.23,б).



## *План*



б)

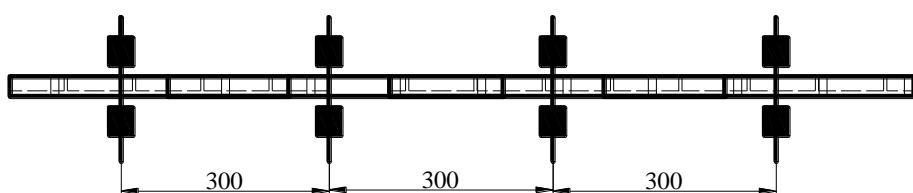
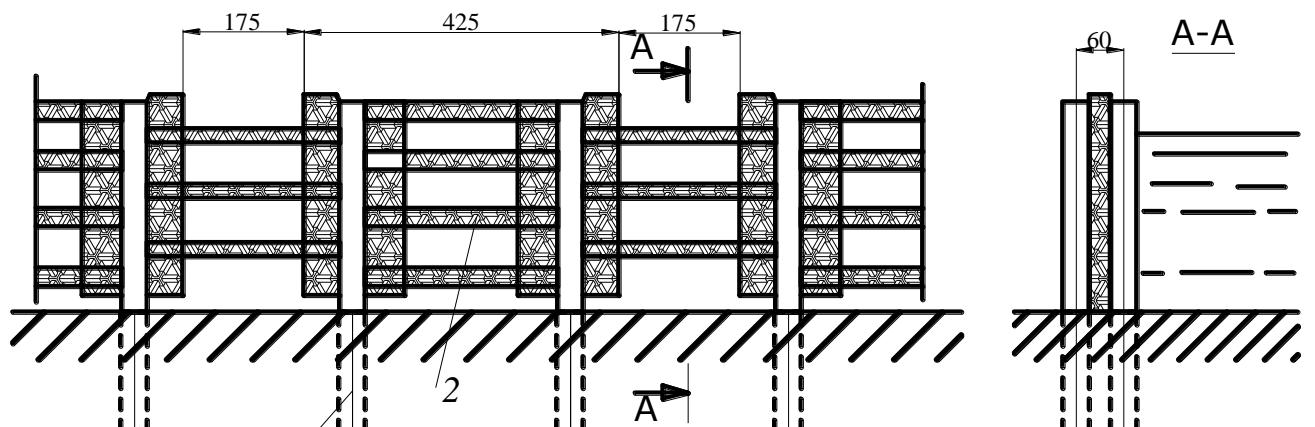


Рис. 4.23. Поперечные сооружения сквозной конструкции:

а – из бетонных прямоугольных блоков, б – из железобетонных элементов, 1 – железобетонные сваи, 2 – железобетонные балки.

В отдельных случаях для создания нового берегового откоса, обеспечивая не только закрепление размываемого берега, но и увеличение площади радиуса поворота (на сильно узких участках рек), применяются траверсы (рис. 4.24 рис. 4.25).

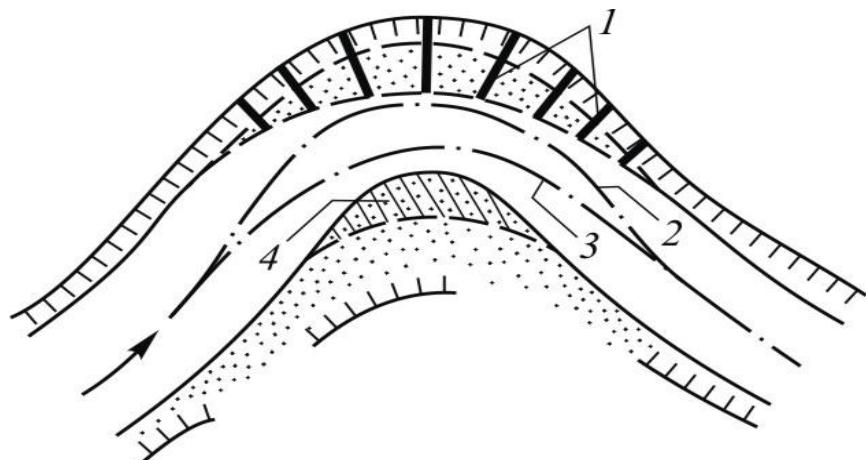


Рис.4.24. Создание нового берегового откоса у вогнутого берега с малым радиусом поворота судового хода:  
1- траверсы; 2- старый судовой ход; 3- новый судовой ход; 4- зона размыва выпуклого берега.

1- траверсы; 2- старый судовой ход; 3- новый судовой ход; 4- зона размыва выпуклого берега.

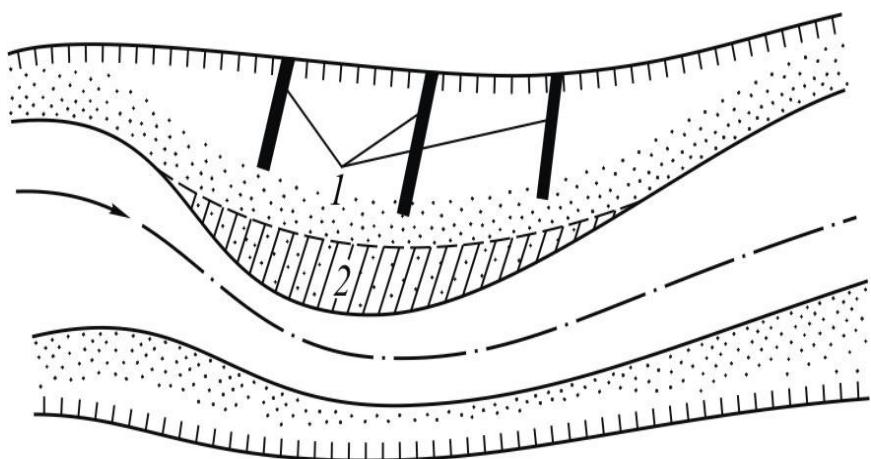


Рис.4.25. Схема увеличения ширины судового хода с помощью регуляционных сооружений:  
1- регуляционные сооружения; 2- зона размыва переката.

1- регуляционные сооружения; 2- зона размыва переката.

Кроме того, при затруднении для судоходства на поворотах русел рек применяются регуляционные сооружения для формирования новой береговой линии (рис. 4.26) или нового русла для удобства движения судов. В процессе строительства перемещаются большие объемы грунта, влияющие на направление движения судов, а также изменяются русла рек (становятся менее извилистыми).

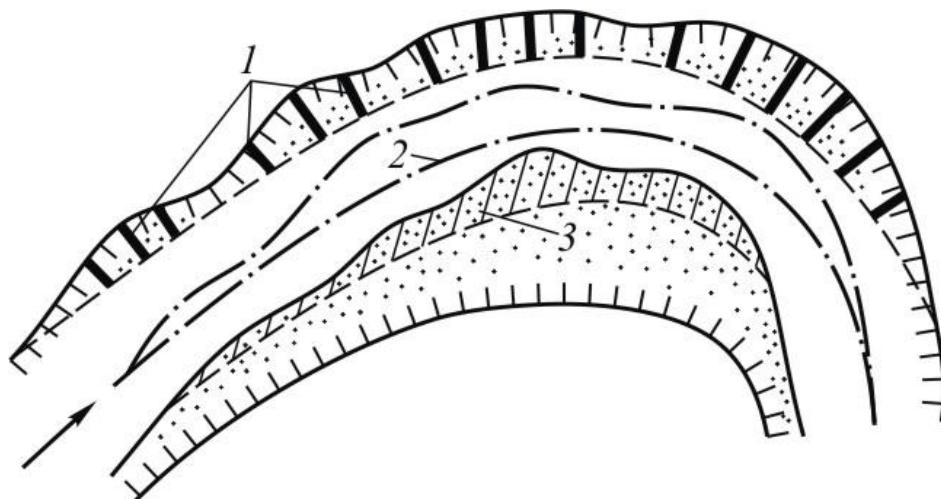


Рис.4.26. Формирование береговой линии с помощью регуляционных сооружений:

1 - регуляционные сооружения; 2- новая ось судового хода; 3- зона размыва выпуклого берега.

Наиболее распространенными типами укрепления откосов насыпи и траверс автодорог на пойменных участках являются:

- укрепление железобетонными плитами;
- мощение каменной наброской.

Окончательное решение вопроса о выборе типа укрепления принимается в результате технико-экономического сравнения вариантов.

**Рекомендации по строительству поперечных сооружений для обеспечения устойчивости откосов автомобильной дороги «Ханой-Нам Динь» г. Ханоя - Вьетнама на пойменных участках вдоль Красной реки.**

Карта части Красной реки на территории г. Ханоя

M 1 : 10000

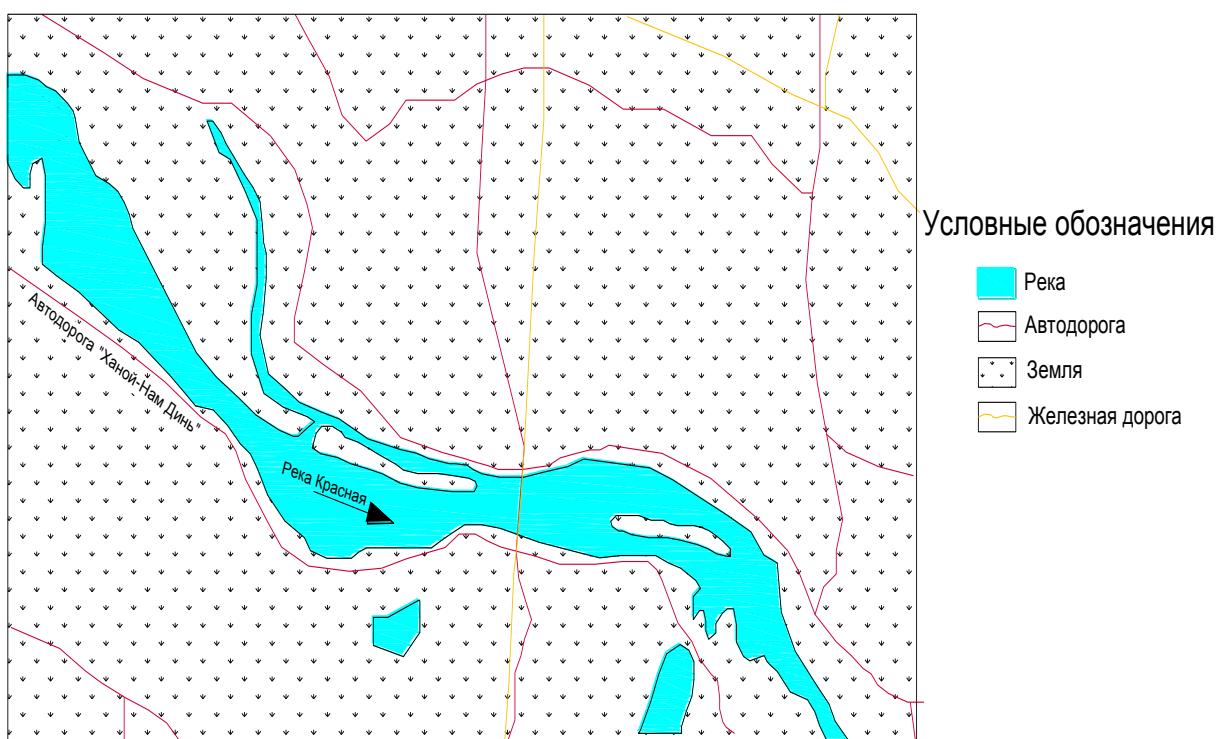


Рис. 4.27. Схема пойменного участка вдоль Красной реки

Расчет поперечных сооружений для обеспечения устойчивости откосов выполнен в соответствии с «Рекомендациями по укреплению откосов сооружений мостовых переходов и насыпей на прижимных участках рек наброской из каменных материалов». – М.: Союзпроект, 1979.

Требуется определить глубину местного размыва у траверсы, отжимающей поток на криволинейном русле от насыпи, основание которой попадает в русло. Для русла состоит из однородного песка с частицами диаметром 0,5 мм; у подошвы насыпи глубина и скорость потока соответственно равны  $H = 6,5$  м и  $v = 1,0$  м/с.

Траверса запроектирована длиной понизу  $l_{\text{низ}} = 25$  м с откосом  $m = 2$ ; угол примыкания к насыпи  $\alpha = 35^\circ$  (см. рис. 4.29).

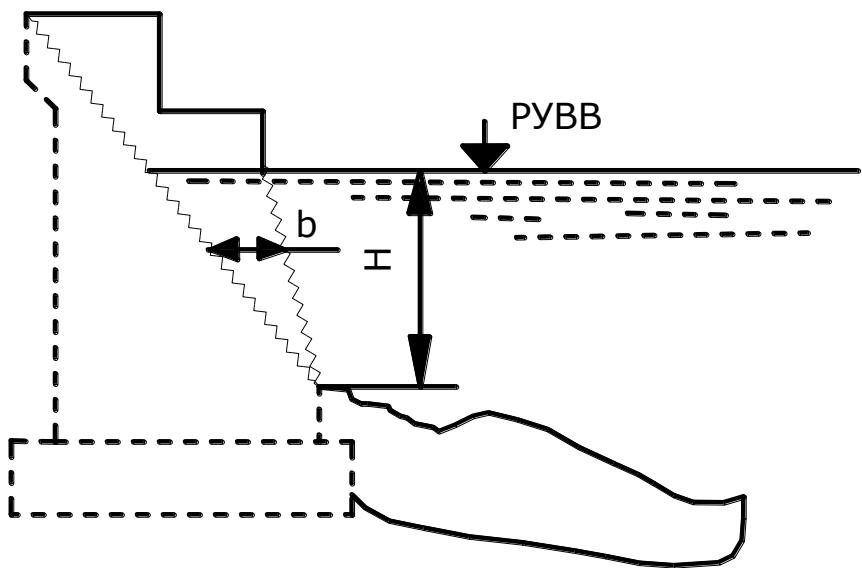


Рис. 4.28—Схема местного размыва у береговой опоры или траверсы

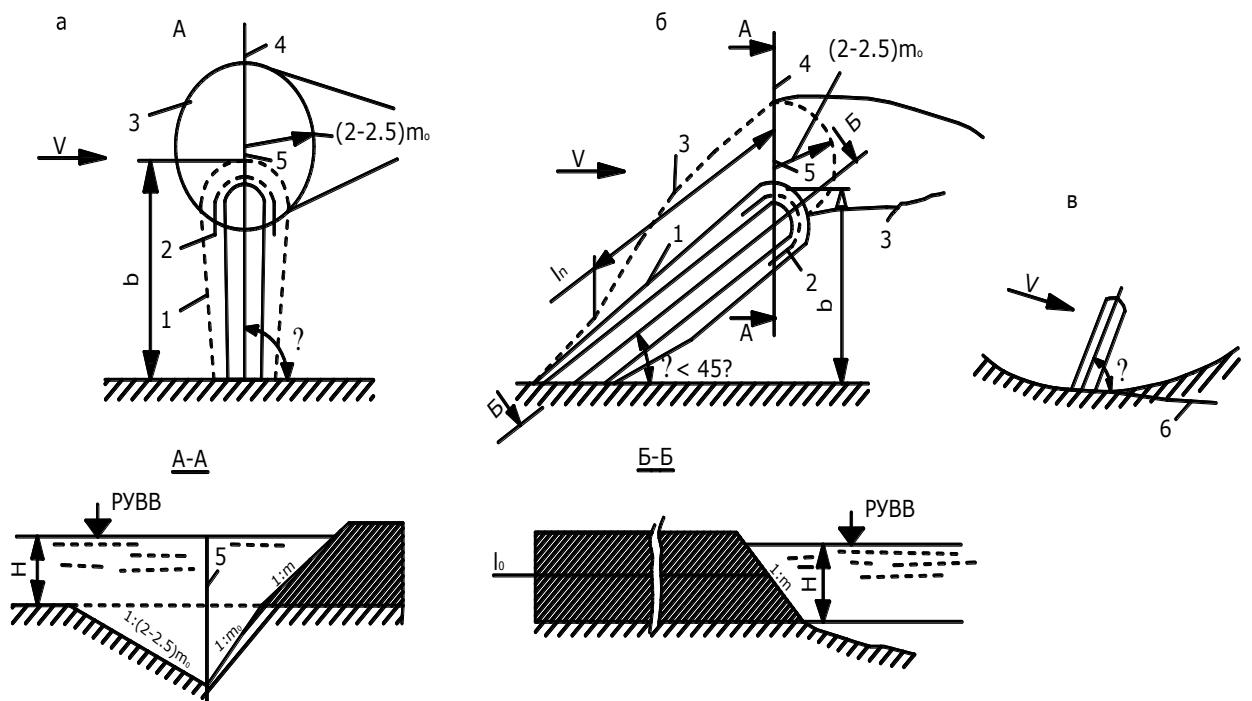


Рис. 4.29— План размещения поперечных сооружений (траверс):

- a*— при угле примыкания поперечного сооружения  $\alpha \geq 45^\circ$ ; *b*— то же, при  $\alpha < 45^\circ$ ; *c*— определение угла примыкания на криволинейном участке;
- 1 — подошва (до размыва) откоса сооружения; 2 — урез воды; 3 — схематизированный контур воронки размыва; 4 — расчетный створ; 5 — вертикаль с наибольшей глубиной размыва; 6 — касательная к линии берега.

*Решение.* 1. В соответствии с приложением М [76] определим геометрические параметры траверсы  $b$ . Длина траверсы определяется по формуле:

$$l_0 = 25 - 0,5 \cdot 2 \cdot 6,5 = 18,0 \text{ м},$$

$$\text{где } b = 18,0 \cdot \sin 35^\circ = 10,3 \text{ м.}$$

2. Глубину местного размыва будем определять по формуле [76], поскольку  $b/H > 1$ .

Предварительно в этой зависимости найдем:

– скорость потока в голове траверсы:

$$v_r = 1,0 + \left[ \left( \frac{10,3}{6,5} \right)^{1/4} - 1 \right] \left( \frac{35}{45} \right)^{1/3} \cdot 1,0 = 1,11 \text{ м/с};$$

- размывающая скорость при  $d = 0,5$  мм и  $H = 6,5$  м, коэффициенты снижения размывающей скорости потока (принимаем  $m_0 = 1,15$ ):;

$$+ \text{Без поперечных сооружений: } v_{0(om)} = 1,15 \sqrt{g} \cdot (h_n \cdot d)^{1/4} \left( \frac{\sqrt{m^2 - m_0^2}}{m} \right)^{7/8}$$

$$v_{0(om)} = 1,15 \sqrt{10} \left( 6,5 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \right)^{1/4} \left( \frac{\sqrt{2^2 - 1,15^2}}{2} \right)^{7/8} = 3,64 \cdot 0,23 \cdot 0,818^{0,875} = 0,70 \text{ м/с}$$

+ При наличии поперечных сооружений:

при  $\alpha = 35^\circ \leq 45^\circ$ ;  $\Delta l/m \leq H$ ;

$$\Delta l = 0,3 \cdot v_p = 0,3 \cdot 10,3 = 3,09; \Delta l/m \leq H = 3,09/2 = 1,545 \leq 6,5 \text{ м}$$

$$v_{0(om)} = 0,85 \sqrt{g} \cdot (\epsilon_p \cdot d)^{1/4} \left( \frac{m^2 - m_0^2}{m^3} \right)^{1/4}$$

$$v_{0(om)} = 0,85 \sqrt{10} \left( 10,3 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \right)^{1/4} \left( \frac{2^2 - 1,15^2}{2^3} \right)^{1/4} = 2,69 \cdot 0,26 \cdot 0,33^{0,25} = 0,53 \text{ м/с}$$

Видно, что  $v_{0(\text{откос без поперечных сооружений})} = 0,7 \text{ м/с} > v_{0(\text{откос с поперечными сооружениями})} = 0,53 \text{ м/с}$

– при  $v_0 < v < 1,35v_0$  и

$$K_{v_{\max}} = 0,96 (H/d)^{0,05} = 0,96 \left( \frac{6,5}{0,0005} \right)^{0,05} = 1,55.$$

$$K_v = 1 + (1,55 - 1) \cdot (1,0 - 0,87) / (0,35 \cdot 0,87) = 1,235;$$

– при  $m = 2$  согласно п. 6.1.1[76]  $K_m = 0,77$ , тогда

$$h = \left[ 1,7 \left( \frac{1,11}{1,235 \cdot 0,87} \right)^{2/3} - 1 \right] \cdot 6,5 \cdot 0,77 = 3,67 \text{ м.}$$

Из расчета следует, что  $v_o$ (откос без поперечных сооружений) = 0,7 м/с >  $v_o$ (откос с поперечными сооружениями) = 0,53 м/с. Поэтому для защиты откосов насыпей автомобильных дорог на пойменном участке реки Красной в Северном Вьетнаме нужно устраивать поперечные сооружения - траверсы.

Для определения глубины местного размыва у такой же шпоры, но устраиваемой для отжима потока от вогнутого берега вровень с берегом определяем ее параметры. При пропуске воды в русле глубина и скорость потока у берега  $H_{bp} = 4,0$  м и  $v_{bp} = 0,8$  м/с (высота сооружения  $H_1 = H_{bp} = 4,0$  м).

Вычислим ширину шпоры  $l_0$  по формуле

$$l_0 = 25 - 0,5 \cdot 2 \cdot 4 = 21 \text{ м};$$

$$\text{где } b = 21 \sin 35^\circ = 12,05 \text{ м.}$$

Для условий пропуска расчетного паводка ( $H = 6,5$  м,  $v = 1,0$  м/с) необходимо уточнение скорости потока в голове траверсы  $v_r$  и весового коэффициента  $f_1$ , учитывающего снижение глубины местного размыва за счет затопления сооружения.

Скорость потока в голове траверсы  $v_r$  определяется по формуле [76]:

$$v_r = 1,0 + \left[ \left( \frac{12,05}{6,5} \right)^{1/4} - 1 \right] \left( \frac{35}{45} \right)^{1/3} 1,0 = 1,15 \text{ м/с.}$$

$$(\text{при } \frac{H_1}{H} = \frac{4}{6,5} = 0,615 > 0,3) A = 1 \text{ и } \varphi = \frac{1}{3} f_1 = \left( \frac{4,0}{6,5} \right)^{1/3} = 0,85.$$

Для условий пропуска расчетного паводка с учетом коэффициента  $f_1$  глубина местного размыва равна:

$$h = \left[ 1,7 \left( \frac{1,15}{1,235 \cdot 0,87} \right)^{2/3} - 1 \right] 6,5 \cdot 0,77 \cdot 0,85 = 3,36 \text{ м.}$$

Следует определить глубину размыва при пропуска потока в бровках русла.

По аналогии получается:

$$v_r = 0,8 + \left[ \left( \frac{12,05}{4} \right)^{1/4} - 1 \right] \left( \frac{35}{45} \right)^{1/2} 0,8 = 1,03 \text{ м/с;}$$

$$K_{v_{\max}} = 0,96 \left( \frac{4,0}{0,0005} \right)^{0,05} = 1,5; v_0 = 0,77 \text{ м/с, } v_0 < v < 1,35v_0;$$

$$K_v = 1 + (1,5 - 1) (0,88 - 0,77) / (0,35 \cdot 0,77) = 1,20.$$

Тогда по формуле

$$h = \left[ 1,7 \left( \frac{1,03}{1,20 \cdot 0,77} \right)^{2/3} - 1 \right] 4 \cdot 0,77 = 2,6 \text{ м.}$$

В расчете используется большая из полученных глубин местного размыва, т. е. 3,36 м.

С помощью исходных данных ( $H = 6,5$  м,  $v = 1,0$  м/с,  $d = 0,5$  мм) требуется определить глубину местного размыва у береговой опоры (устоя), боковые грани которой не засыпаны грунтом. Причем боковая грань, перпендикулярная направлению потока, в плоскости расчетного уровня (УВВ) выступает из конуса на  $b_{\max} = 10$  м (см. рис. 4.29).

В соответствии с приложением М расчетная ширина опоры равна средней ширине под водой ее боковой грани, т. е.

$$b = b_{\max} / 2 = 5 \text{ м.}$$

В связи с тем, что  $b / H < 1$ , то глубину местного размыва необходимо определять по формуле (7.2)[76], в которой известно из примера П.1  $K_v = 1,235$  и  $v_0 = 0,87$  м/с.

Согласно п. 6.1.1[76] для вертикальной стенки ( $m = 0$ )  $K_m = 1$ .

По формуле (7.3)[76] с учетом  $b / H < 1$  скорость потока у боковой грани опоры  $v_r = v = 1,0$  м/с.

$$\text{Тогда } h = \left[ 1,7 \left( \frac{1,0}{1,235 \cdot 0,87} \right)^{2/3} - 1 \right] 5 \cdot 1 = 3,07 \text{ м}$$

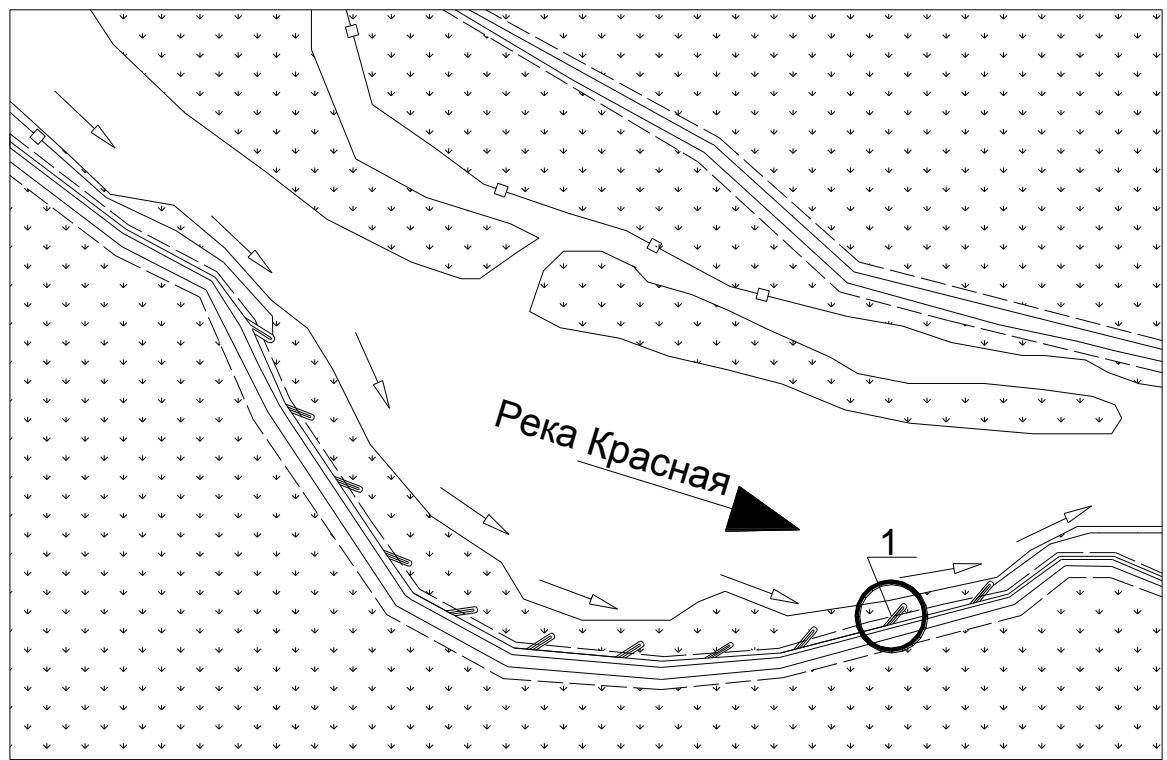


Рис. 4.30. Размещение траверс на пойменных участках автодороги «Ханой-Нам Динь»

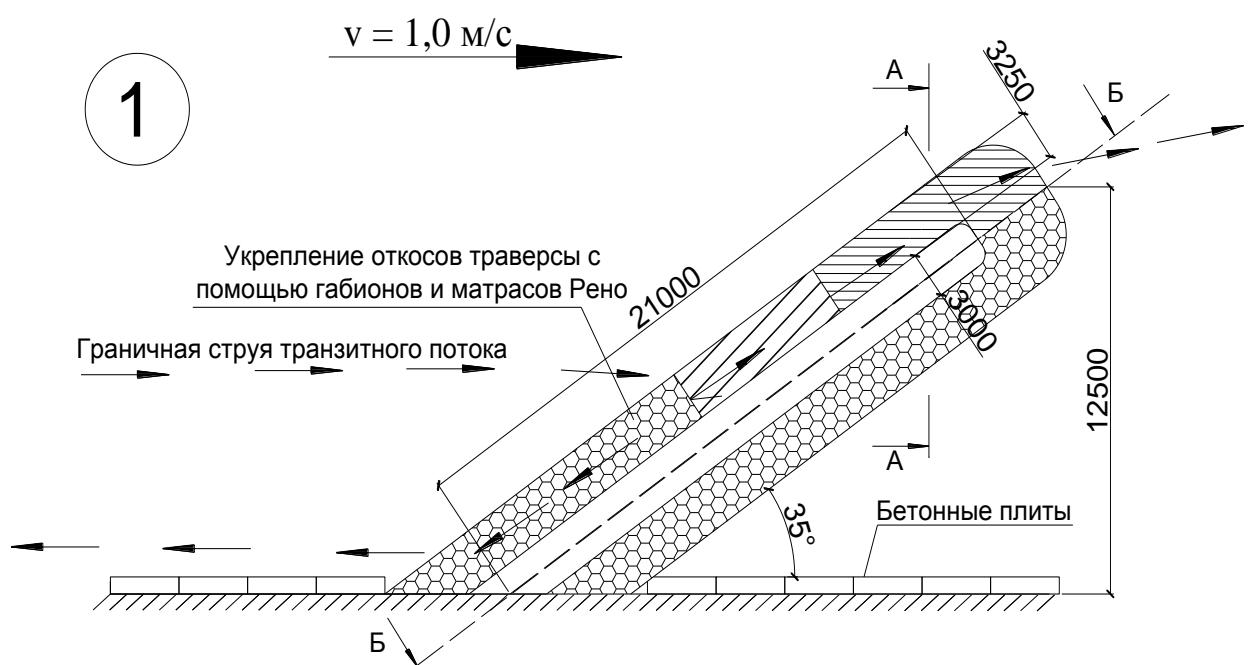


Рис. 2.31. Конструкция траверсы, применяемый для укрепления откосов автодорог

Выбор типа укреплений для защиты откосов насыпей на пойме производят на основании технико-экономического расчета. Защитная конструкция укладывается на слой обратного фильтра из щебня или геотекстиля для предупреждения вымывания и выноса грунтовых частиц из тела насыпи после схода воды с поймы. Незатопляемая часть откосов (берма) защищается крупнообломочной наброской 10-15 см.

На начальном этапе откосов назначается в соответствии нормативами для насыпей типового поперечного профиля и затем корректируется расчетом общей устойчивости насыпи после ее подтопления. Заложение откосов назначено: в верхней части до отметки бермы - 1:1.5, а подтопляемых берм – 1:2.

### Размеры берм

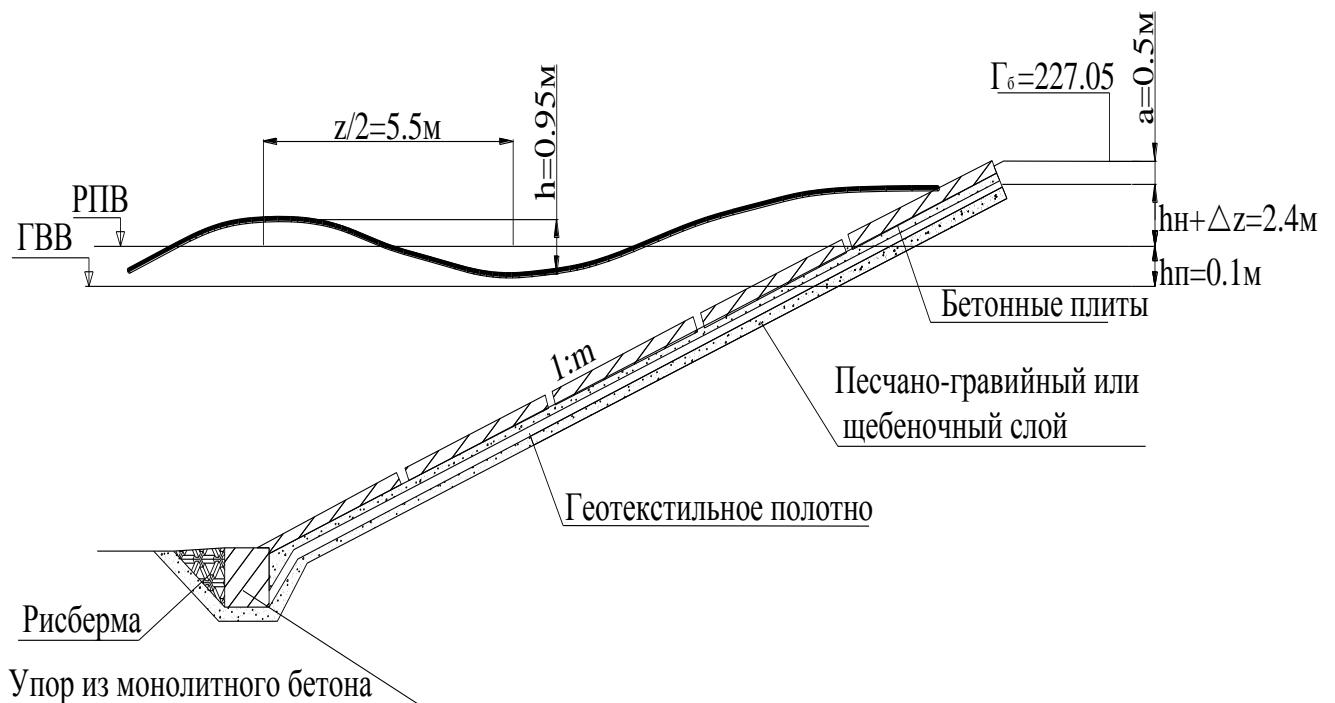


Рис 4.32. Конструкция укрепления откоса бермы бетонными плитами на щебеночной подготовке с геотекстильной подложкой

Бермы пойменных насыпей обеспечивают их общую устойчивость и защиту откосов от размыва. Верхняя отметка бермы рассчитываются по формуле:

$$\Gamma_b = \Gamma_{BV} + h_n + h_p + \Delta z + a, \quad (4.6)$$

где ГВВ- горизонт высоких вод;  $h_h$ - высота набега подходящих волн;  $h_n$  и  $\Delta z$  – соответственно высота подпора воды у моста и высота набега волн; а- величина запаса, назначаемая для средних и больших мостов 0,5 м.

В случае применения плит, то высота волн с набегом определяется:

$$h_h = \sqrt[3]{\lambda h^2}, \quad (4.7)$$

где  $\lambda$  и  $h$  – длина и высота волны, м.

$$h_h = \sqrt[3]{11 * 0,95^2} = 2,15 \text{ м}$$

$$\Gamma_6 = 224 + 2,15 + 0,15 + 0,25 + 0,5 = 227,05 \text{ м}$$

Отсыпка бермы производится послойно, горизонтальными слоями 30%о к бровке, ширина бермы поверху составляет 5,0м. Конструкция укрепления откосов бермы плитами приведена на рисунке 4.32 совсеми размерами и отметками.

При продолжительном воздействии потока воды на дорогу и ее откосы необходимо определять возможную глубину размыва.

#### **4.6. Выводы по главе 4**

1. Назначение конструкционных мероприятий для защиты откосов земляного полотна от разрушений и повреждений осуществляется в зависимости от физико-механических свойств грунтов земляного полотна, погодно-климатических факторов, гидрологического режима подтопления и скорости потока, а также от затопления откоса.

2. Проектирование защитных мероприятий должно производится на основе сравнения технико-экономических показателей различных типов: засев трав, каменная наброска, бетонные плиты, решетки из геоматериалов.

3. Применение габионных конструкций разных геометрических форм является одним из эффективных и универсальных способов не только укрепления откосов, но и усиления, стабилизации и защиты земляного полотна на подтопляемых участках, а также регуляционных сооружений на пойменных участках.

4. Наиболее экономическим и эффективным мероприятием является укрепления посевом трав Vertiver, такой способ выполняет защитные функции длительный период. Укрепление засевом трав Vertiver надежно защищает откосы земляного полотна автомобильных дорог от эрозионных процессов, размыва на пойменных участках.

5. Для укрепления пойменных насыпей автомобильных дорог Ханой – НамДинь от размывов рекомендуется размещение поперечных регуляционных сооружений (траверс). Траверсы особенно эффективны при косом пересечении широкого пойменного потока, протекающего вдоль насыпи с большой скоростью.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате проведенных в диссертации исследований получены следующие итоги:

1. Установлены особенности работы земляного полотна вьетнамских автомобильных дорог на пойменных участках в муссонный период. Они заключаются в том, что кроме размыва и водной эрозии откосов основной причиной деформаций и разрушения этих дорог является процесс суффозионного ослабления основания в результате выноса минеральных частиц фильтрационным потоком воды.

2. Разработана методика расчёта геометрических параметров траверс, которые размещаются в поперечном направлении к земляному полотну и используются для инженерной защиты откосов, позволяет также учитывать волновое воздействие и наличие карчехода.

3. Обоснованы условия применения регуляционных сооружений в виде траверс, отличающиеся возможностью устройства их под разным углом в зависимости от направления водного потока и которые позволяют обеспечить сохранность земляного полотна на пойменном участке.

4. Разработана организация и технология выполнения работ по строительству регулярных сооружений (траверс). Возможны два варианта устройства траверс для защиты откосов насыпи автомобильных дорог от размыва на пойменных участках:

- при новом строительстве насыпи автомобильных дорог и траверс можно построить одновременно. В этом случае упрощается организация и производство работ, экономится время и затраты средств;

- при существующем земляном полотне пойменных участков насыпи, необходимо нарезать уступы на откосе земляного полотна для обеспечения монолитности примыкания траверс.

5. Впервые предложено в расчётах на размыв грунтов у головы регуляционных сооружений учитывать явление кавитации, которое могут привести к дополнительным деформациям и подмыву их головных частей в

условиях турбулентности водных масс на пойме, что позволяет принимать наиболее целесообразные мероприятия по защите земляного полотна автомобильных дорог.

6. Обоснованы комплексные конструктивные предложения по защите откосов земляного полотна на пойменных участках с применением бамбуковых свай и решёток, засева травой Vertiver и сборных конструкций, позволяющие уменьшить материальные и финансовые затраты и сократить потребность в дефицитных строительных материалов.

Из основных выводов выполненной диссертационной работы следуют рекомендации с обоснованием эффективности предлагаемых конструктивных методов защиты земляного полотна на пойменных участках с применением траверс и методов расчета при их проектировании и строительстве. Перспективами дальнейшей разработки темы следует считать дальнейшие теоретические и экспериментальные исследования кавитационных и суффозионных процессов в различных условиях работы поперечных сооружений (траверс).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автомобильные дороги Беларуси. Энциклопедия. - Минск, 2002. – 670 с.
2. Альбом конструкций крепления откосов земляного полотна железных и автомобильных дорог общей сети Союза ССР. И nv. № 750, Мосгипротранс. - Введ. в действие Мосгипротрансом приказом № 134 17.09.1970. - М., 1970. - 197 с.
3. Ананьев, В.П. Инженерная геология в дорожном строительстве / В.П. Ананьев, А.Д. Потапов : Учебник. – М.: Высшая школа, 2005. – 575 с.
4. Байнатов Ж.Б. Защита откосов автомобильных дорог от размыва / Ж.Б. Байнатов. - М., 1992. - 80 с. - (Автомоб. дороги. Обзорн. информ./ ЦБНТИ Росавтодора; Вып. I ).
5. Braslavskiy, V.D. Расчет конструкции откосов земляного полотна на пойменном участке мостового перехода через р. Волгу на автомобильной дороге Горький-Казань на участке Покровка-Новая Тура в ТАССР ( I очередь строительства) / V.D. Braslavskiy, O.G. Soskin, B.F. Perевозников. - M: Союздорпроект, 1985. - 21 с.
6. Braslavskiy, V.D. Противооползневые конструкции на автомобильных дорогах / V.D. Braslavskiy, Ю.М. Мотылев, Л.В.Грицюк и др. – M.: Транспорт, 1985. – 301 с.
7. Васильев, А.П. Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения / А.П. Васильев, В.М. Сиденко. – М.: Транспорт, 1990. – 304 с.
8. Васильев, А.П. Строительство и реконструкция автомобильных дорог: справочная энциклопедия дорожника(СЭП). Т.1/ А.П. Васильев, Б.С. Марышев, В.В. Силкин и др. – М.: Информавтодор, 2005. – 646 с.
9. Васильев, А.П. Ремонт и содержание автомобильных дорог: Справочник инженера- дорожника / А.П. Васильев, В.И. Баловнев, М.Б. Корсунский и др. – М.: Транспорт, 1989. – 287 с.
10. ВСН 183-74. Технические указания по проектированию морских берегозащитных сооружений / Минтрансстрои. - М., 1975. - 118 с.

11. ВСН 206-87. Параметры ветровых волн, действующих на откосы транспортных сооружений на реках. Нормы проектирования/ Минтрансстрой. - М., 1987. - 57 с.
12. Грицык, В.И. Возможные деформации земляного полотна: Альбом / В.И. Грицык. – М.: Маршрут, 2003. – 64 л.
13. Грицык, В.И. Земляное полотно железных дорог: Краткий курс лекций / В.И. Грицык. – М.:Маршрут, 2005. – 246 с.
14. Грицык, В.И. Противодеформационные конструкции железнодорожного полотна: Альбом / В.И. Грицык. – М.: Маршрут, 2004. – 96 л.
15. Грушевой, Н.Г. Деформация насыпей / Н.Г. Грушевой – М., Трансжелдориздат, 1959. – 220 с.
16. Гурьев, Т.А. Строительство автомобильных дорог. Ч.1. Дефекты, повреждения и разрушения земляного полотна автомобильных дорог / Т.А. Гурьев. – Архангельск, 1997. – 16 с.
17. Евгеньев, И.Е., Земляное полотно автомобильных дорог на слабых грунтах / И.Е. Евгеньев, В.Д. Казарновский. – М.: Транспорт, 1976. – 271 с.
18. Защита земляного полотна от горных рек / Комитет по земляному полотну при НТС МПС и ТС Мивтрансстроя. - М.: Транспорт, 1975.- 142 с.
19. Золоторя, И.А. Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд / И.А. Золоторя, Н.А. Пузакова, В.М. Сиденко. – М.: Транспорт, 1971. – 410 с.
20. Зыонг Х. Х. Исследование распределения влаги и тепла в земляном полотне в условиях равнины северного Вьетнама: автореф. дис. канд. техн. наук / Зыонг Х.Х. - Ханой, 1979. – 20 с.
21. Малышева, А. А. Земляное полотно автомобильных дорог в северных условиях./ А.А. Малышева. – М. Транспорт, 1974. – 285 с.
22. Шульгин, Д.И.. Инженерная геология для строителей железных дорог: Учебник для вузов ж.-д. транспорта/ Д.И. Шульгин, В.Г. Гладков, А.Н. Никулин, В.А. Подвербный. – М.: Желдориздат, 2002. – 514 с.

23. Кекенадзе, Г.В. Новый вид регуляционных сооружений / Г.В. Кекенадзе // Автомоб. Дороги. – М.: 1977. - № 2. - С. 18 – 24.
24. Козлов, В.Г. Микроскопические модели движения транспортных потоков при перевозке грузов в агропромышленном комплексе / В.Г. Козлов, Чан Ван Зы, Е.В. Кондрашова, Т.В. Скворцова, Е.В. Чернышова // Системный анализ и моделирование процессов управления качеством в инновационном развитии АПК : материалы международной научно-практической конференции. – Воронеж: ФГБОУ ВПО «ВГУИТ», 8-9 апреля 2015г.– С. 104-113.
25. Козлов, В.Г. Моделирование грузовых потоков на магистралях с учетом меняющихся дорожных условий для агропромышленного комплекса / В.Г. Козлов, Чан Ван Зы, М.М. Умаров, А.Ю. Арутюнян, Е.В. Чернышова // Системный анализ и моделирование процессов управления качеством в инновационном развитии АПК : материалы международной научно-практической конференции. – Воронеж: ФГБОУ ВПО «ВГУИТ», 8-9 апреля 2015 г. – С. 612-624.
26. Козлов, В. Г. Анализ транспортного потока для формирования базиса управления дорожным движением при перевозке грузов для агропромышленного комплекса / В.Г. Козлов, Чан Ван Зы, М.М. Умаров, А.Ю. Арутюнян, Е.В. Чернышова // Системный анализ и моделирование процессов управления качеством в инновационном развитии АПК : материалы международной научно-практической конференции. – Воронеж: ФГБОУ ВПО «ВГУИТ», 8-9 апреля 2015 г. – С. 95-103.
27. Кокодеева, Н.Е. Регулирование высокого уровня грунтовой воды в весенний период года / Н.Е. Кокодеева // Проблемы транспорта и транспортного строительства: межвуз. Науч. Сб. – Саратов: СГТУ, 2004. -С.95-98.
28. Кокодеева, Н.Е. Управление влажностью грунта земляного полотна в весенний период года в целях повышения срока службы дорожной одежды // Н.Е. Кокодеева // Автомобильные дороги: инфор.сб.-М.: Информатодор, 2005.-Вып.3. - С.1-10.

29. Конструкции укрепления откосов земляного полотна автомобильных дорог общего пользования: Сер. 3.503.9-78. Вып. 0. Материалы для проектирования /Союздорпроект: Утв. Минтрансстроем СССР 06.05.88 (протокол № АВ-299). - Введены в действие 07.05.88 (приказ № 144пр). - М. - 88 с.
30. Крицкий, М.Я. О классификации дефектов земляного полотна автомобильных дорог / М.Я. Крицкий, В.Н. Шестаков // Вестник СибАДИ. – Омск, 2007. – Вып 5. - С. 69–76.
31. Крицкий, М.Я. Земляное полотно автомобильных дорог: дефекты, повреждения и разрушения, их причины, методы профилактики и восстановления / М.Я.Крицкий, В.Н.Шестаков. - Омск: Изд-во СибАДИ, 2008. – 56 с.
32. Лагутина, Т.А. Применение геотекстиля в гидротехническом строительстве / Т.А. Лагутина, Л.Н. Юдин. - М., 1987. - 39 с. - (Обзорн. информ. / ВПТИтрансстрой; Вып. I ).
33. Ле Ба Льонг. Возведение высоких дорожных насыпей на слабых грунтах в условиях повышения несущей способности их основания под массой возводящейся насыпи: автореферат доктора техн. наук /Ле Ван Льонг. – Москва, 1982.
34. Ле Ван Чунг, Д.И. Черноусов. Влияние изменения влажности грунтов на прочность характеристики дорожных одежд в условиях Вьетнама при высоком уровне грунтовых вод / Ле Ван Чунг // Вестник БГТУ им В.Г.Шухова. - 2014. - Вып. № 4. - С.90-95.
35. Леонович, И.И. Механика земляного полотна / И.И. Леонович, Н.П. Вырко. – Минск: Наука и техника, 1975. – 232 с.
36. Лотковые сооружения на лесохозяйственных автомобильных дорогах: Альбом 1. Типовые материалы для проектирования 503-0-50-87 /Союзгипролесхоз; Утв. Гослесхозом СССР 24.09.1987 (Протокол № 2). - Введен в действие 01.10.1987 (приказ № 115), М., 1987. - 46 с.
37. Львович, Ю.М. Современные конструкции и методы укрепления на объектах дорожно-мостового строительства / Ю.М. Львович. - М., 1980. -69 с.

(Стр-во и эксплуатация автомоб. дорог. Обзорн. информ. / ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, Вып. 3).

38. Львович, Ю.М. Укрепление откосов земляного полотна автомобильных дорог / Ю.М. Львович, Ю.Л. Мотылев. - М.; Транспорт, 1979. - 199 с.
39. Львович, Ю.М. Новый способ укрепления откосов земляного полотна автомобильных дорог / Ю.М. Львович, В.Г. Дурикин // Экспресс-информация. - М.:Оргтранстрой, 1973. – 23 с.
40. Матвеев С.А. Геосинтетические материалы в строительстве / С.А. Матвеев. – Югра: дороги в будущее, 2005. - № 2. – С.24-25.
41. Методика составления моделей водопроницаемости скальных массивов в основаниях гидroteхнических сооружений (Пособие к СНИП 2.02.02-85) П 54-90 - Санкт-Петербург - 1992.
42. Методические рекомендации по выбору конструкций укрепления конусов и откосов земляного полотна. Технологии и механизация укрепительных работ. – М.: СоюздорНИИ,1981 – 112с.
43. Методические рекомендации по проектированию и строительству земляного полотна железных дорог с волногасящими бермами из горной массы / Минтрансстрой, ЦНИИС. - М., 1984. - 74 с.
44. Методические рекомендации по проектированию и строительству гибких железобетонных покрытий откосов транспортных сооружений/ Минтрансстрой, ЦНИИС. - М., 1984. - 55 с.
45. Методические рекомендации по расчету надвига льда на земляное полотно железных дорог / ЦНИИС. - М., 1984. - 22 с.
46. Методические рекомендации по применению габионных конструкций в дорожно-мостовом строительстве / ООО "Организатор", Союздорпроект. - М., 2000. - 267 с.
47. Моченов, Г.М. Дефекты, повреждения и разрушения земляного полотна железных дорог / Г.М. Моченов, В.П. Титов. – М.: Транспорт, 1972. – 49 с.

48. Наставление по изысканиям и проектированию железнодорожных и автодорожных мостовых переходов через водотоки /ЦНИИС-Главтранспроект Минтрансстроя СССР. - М.: Транспорт, 1972. -280 с.
49. Нгуен Дык Ши. Обеспечение прочности и устойчивости земляного полотна автомобильных дорог в условиях северного вьетнама: диссертация кандидата техн. наук / Д. Ш. Нгуен – Воронеж, 2012.
50. Нгуен Фыонг Нгок. Основные причины разрушения асфальтобетонных покрытий в Южном Вьетнаме/ Нгуен Фыонг Нгок, Чан Ван Зы // Научный журнал Воронежского государственного архитектурно-строительного университета, серия «инженерные системы и сооружения». – 2015. - №1 (18). - С. 56-60.
51. Козлов, В.Г. Оценка автотранспортных потоков по средствам макроскопических моделей движения / В.Г. Козлов, Чан Ван Зы, Е.В. Кондрашова, Т.В. Скворцова, Е.В. Чернышова // Системный анализ и моделирование процессов управления качеством в инновационном развитии АПК : материалы международной научно-практической конференции. – Воронеж: ФГБОУ ВПО «ВГУИТ», 8-9 апреля 2015 г. – С. 625-642.
52. Перевозников, Б.Ф. Защита автомобильных дорог от опасных гидрометеорологических процессов и явлений / Б.Ф. Перевозников. - М., 1993. - 79 с. (Автомоб. дороги .Обзорн. информ./Информавтодор; Вып. I ).
53. Перевозников, Б.Ф., Автомобильные дороги откосно-прибрежные укрепления автомобильных дорог / Б.Ф. Перевозников. - М., 1993. - (Автомоб. дороги: Обзорн. информ. / Информавтодор; Вып. 1).
54. Перевозников Б.Ф., Дорожно-мостовые габионные конструкции сооружения / Б.Ф. Перевозников, В. Л. Селиверстов. –М. – (Автомоб. дороги: Обзорная информация. 2-2001. Выходит с 1971 г. 7 выпусков в год).
55. Перевозников, Б.Ф. Научно-технический обзор методов расчета и проектирования дорожно-мостовых габионных конструкций и сооружений: Рукопись / Б.Ф. Перевозников. - М.: Союздорпроект, 2000. - 120 с.
56. Перевозников, Б.Ф. Нормативные требования и критерии по инженерной оценке проявления и воздействий опасных гидрометеорологических процессов на

автомобильные дороги / Б.Ф. Перевозников // Автомоб. дороги. Науч.-техн. достижения и передовой опыт в области автомоб. дорог: Науч.-техн. информ. сб./ Информавтодор. - М., 1993. - Вып. 2.

57. Перевозников, Б.Ф. Научное сопровождение мероприятий по развитию, восстановлению и защите дорожной сети Читинской области от наводнений / Б.Ф. Перевозников, Г.В. Гочелейшвили. – М.: Союздорпроект, 1992.-128 с.

58. Перевозников, Б.Ф. Учет отрицательного воздействия гидрометеорологических факторов на окружающую среду при проектировании, строительстве (реконструкции) и эксплуатации внегородских автомобильных дорог и водопропускных сооружений на них / Б.Ф. Перевозников. - М., 1992. - 31 с. -(Автомоб. дороги. Науч.-техн. достижения и передовой опыт в области автомоб. дорог: Инфоры. сб./ ЦБНТИ Росавтодора; Вып. 2).

59. Перевозников, Б.Ф. Водопропускные сооружения лоткового типа / Б.Ф. Перевозников. - М.: Транспорт, 1978. - 204 с.

60. Перевозников, Б.Ф., Решетников В.Г. Регулирование блуждающих русел стеной в грунте / Б.Ф. Перевозников //Автомоб. дороги, 1988. -№ 7. - с. 8.

61. Перевозников, В.Ф. Сооружения системы водоотвода с проездной части автомобильных дорог / В.Ф. Перевозников, А.А. Ильина. – М., 2002 (Автомобильные дороги: Обзорн. информ).

62. Петров, Г.Ф. Гибкие покрытия - маты для защиты поверхности грунтовых сооружений/ Г.Ф. Петров, В.П. Пинчук, В.Л. Семенов. - Трансп. стр-во. - 1990. - № 9. - С. 9.

63. Подольский, Вл. П. Технология и организация строительства автомобильных дорог. Т.1: Земляное полотно: учеб. Пособие / Вл. П. Подольский, А. В. Глагольев, П. И. Поспелов; Воронеж. Гос. архит.-строит. ун-т, Моск. автомоб.-дор.ин-т; под ред.проф. Вл. П. Подольского. – Воронеж: Изд-во Воронеж. Гос. Ун-та, 2005. – 528с.

64. Подольский, Вл. П. Применение симплекс-метода для оптимизации значений параметров, влияющих на устойчивость откосов земляного полотна /

- Вл. П. Подольский, Ле Ван Чунг // Научный вестник ВГАСУ. Серия «Строительство и архитектура». - 2014. - Вып. № 1. - С.62-72.
65. Пособие по гидравлическим расчетам малых водопропускных сооружений /ВНИИ трансп. стр-ва. - ГУПиКС Минтрансстроя СССР. -М.: Транспорт, 1992. - 408 с.
66. Пособие к СНиП 2.05.03-84 "Мосты и трубы по изысканиям и проектированию железнодорожных и автодорожных мостовых переходов через водотоки (ПМП-91)"/Гос. Корпорация, Трансстрой, ПКТИ-трансстрой. - М.: 1992. - 411 с.
67. Пособие по проектированию земляного полотна автомобильных дорог на слабых грунтах / Росавтодор. – М., 2004. – 252 с.
68. Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог. ОДН 218.0.006. – 2002. - 139 с.
69. Предупреждение и лечение болезней земляного полотна. – М.: Трансжелдориздат, 1941. – 127 с.
70. Природные опасности России. Геокриологические опасности. Кол. авторов. – М., 2000. – 315 с.
71. Природные опасности России. Эзогенные геологические опасности. Кол. авторов. – М., 2002. – 343 с.
72. Рекомендации по противоэррозионной защите откосов земляного полотна и укреплению водоотводных канав в северных районах Западной Сибири / ЦНИИС. - М., 1982. - 36 с.
73. Рекомендации по проектированию и строительству гибких железобетонных покрытий откосов транспортных сооружений/ ЦНИИС, М., 1984. - С. 40.
74. Рекомендации по проектированию и сооружению земляного полотна на прижимных участках рек / ЦНИИС, М., 1982. - 51 с.
75. Рекомендации по укреплению пологих откосов пойменных насыпей из мелких и пылеватых песков от ветровой эрозии / СибЦНИИС. - Омск, 1975. - 18 с.

76. Рекомендации по укреплению откосов сооружений мостовых переходов и насыпей на прижимных участках рек наброской из каменных материалов / ЦНИИС. - М., 1979. - 60 с.
77. Рекомендации по применению подпорно-оседающих стен при строительстве дорог в условиях подмыва земляного полотна / Минтрансстрой, ЦНИИС. - М., 1983. - 62 с.
78. Рекомендации по выявлению сооружений с недостаточной водопропускной способностью и принципам их ремонта и реконструкции / Гипродорний - М.: ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1989. - 35 с.
79. Рекомендации по укреплению откосов сооружений мостовых переходов и насыпей на прижимных участках рек наброской из каменных материалов». – М.: Союзпроект, 1979. – 90с.
80. Ройнишвили, Н.М. Берегоукрепительные сооружения на дорогах, пролегающих в узких горных долинах / Н.М. Ройнишвили, И.Я.Мелик-Бахтамян, Н.Е. Тевдорашвили // Груз. политехн. ин-т, Дор. науч.-техн. Об-во. Закавказской ж.д. - Тбилиси, 1971. - 88 с.
81. Рябова, О.В. Основные принципы применения траверсов для инженерной защиты дорожно-транспортных сооружений на пойменных участках / О.В. Рябова, Чан Ван Зы // Научный вестник ВГАСУ. Серия «Строительство и архитектура». - 2013. - Вып. № 4. - С.78-84.
82. Севба, А.Д. Научные разработки - в производство / А.Д. Севба, В.В. Сизоненко, Б.А. Первов // Автомоб. дороги. - 1986. - К 2. - С. 3.
83. Семашкин, К. В. Обоснование конструктивно-технологических параметров противфильтрационного экрана эксплуатируемых подтопленных насыпей дорог: автореферат кандидата технических наук: 05.23.11 / Семашкин Константин Владимирович .- Омск, 2013.
84. Сергеев, Б.И. Грунтополимерные берегоукрепительные сооружения датской фирмы / Б.И. Сергеев, Т.П. Кашарина // Гидротехника и мелиорация. - 1981. - № 7. - С. 75-76.

85. Смирнов, А.В. Конструкции и технологии строительства автомобильных дорог в сложных природных условиях: Учебное пособие / А.В. Смирнов, В.Н. Шестаков, В.В. Сиротюк, В.П. Никитин, Т.В. Боброва, А.А. Миронов. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2005. – 172 с.
86. СНиП 2.01.15 – 90. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения проектирования:: Введ. 01.01.88. - Изд. офиц. - М.: ЦИТП, 1988. - 104 с.
87. СНиП 2.01.15-90. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения проектирования:: Утв. Госстроем СССР 29.12.90. - Введ. 01.01.92. Изд. офиц. - М.: Арендное произв. предприятие ЦИТП, 1991, - 32 с.
88. СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги:: Утв. Госстроем СССР: Введ. 01.01.87. Изд. офиц. - М.: ЦИТП, 1986. - 56 с.
89. СНиП 2.06.04-82. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов): Утв. Госстроем СССР: Введ. 01.01.84. - Изд. офиц. - М.: Стройиздат, 1983. - 39 с.
90. СНиП 2.05.02 - 85. Автомобильные дороги / Госстрой СССР. – М., 1986. – 56 с.
91. СНиП 3.06.03 - 85. Автомобильные дороги / Госстрой СССР. – М., 1986. – 112 с.
92. Солодовников, Б.М. Переливные сооружения на автомобильных дорогах / Б.М. Солодовников. - М.: Транспорт, 1983. - 37 с.
93. СП 32-102-95. Сооружения мостовых переходов и подтопляемых насыпей. Методы расчета местных размывов– М.: Корпорация «Трансстрой», 1996. – 45с.
94. Статистика 2012 г. - Ханой: Издательство Статистики, 2012.
95. Тхай, Тхи Ким Тьи. Совершенствование мобильных водонаполняемых дамб для противопаводковой защиты в условиях дельты реки Меконг (Вьетнам): диссертация кандидата технических наук: 05.23.07 / Тхай Тхи Ким Тьи. – Новочеркасск, 2014. – 141 с.

96. Типовые решения по восстановлению несущей способности земляного полотна и обеспечению прочности и морозоустойчивости дорожной одежды на пучинистых участках автомобильных дорог/ Росавтодор. – М., 2000. – 101 с.
97. Фришман, М.А. Титов В.П. Земляное полотно железных дорог / М.А. Фришман, И.Н. Хохлов. – М.: Транспорт, 1972. – 252 с.
98. Фролов, А.М. Меры обеспечения устойчивости земляных масс и сооружений / А.М. Фролов. – М.: Гострансжелдориздат, 1949. – 364 с.
99. Хархута, Н.Я. Деформации грунтов дорожных насыпей / Н.Я. Хархута, Ю.М. Васильев. – М.: Автотрансиздат, 1957. – 74 с.
100. Чан Ван Зы. Проблемы повышения деформативной устойчивости вьетнамской дорожной сети на переходах через пойму рек // Научный вестник ВГАСУ. Серия «Строительство и архитектура». - 2014. - Вып. № 4(36). - С.103-112.
101. Чан Ван Зы. Основные принципы применения траверсов для инженерной защиты дорожно-транспортных сооружений на пойменных участках / Чан Ван Зы, О.В. Рябова // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета, серия «Строительство и архитектура». – 2013. - №4 (32). - С. 100 – 106.
102. Чан Ван Зы. Влияние переувлажнения грунтов в период муссонных дождей на состояние автомобильных дорог / Чан Ван Зы, Нгуен Фыонг Нгок, Нгуен Дык Ши // Научный журнал Воронежского государственного архитектурно-строительного университета, серия «инженерные системы и сооружения». – 2010. - №2 (3). - С. 187-191.
103. Чан Ван Зы. Экологическая ситуация в Ханое 2011 года и перспективы улучшения городской среды обитания / Чан Ван Зы, Нгуен Фыонг Нгок // Научный журнал Воронежского государственного архитектурно-строительного университета, серия «инженерные системы и сооружения». – 2011. - №2 (5). - С. 74-81.
104. Чан Ван Зы. Обоснование мероприятий по защите откосов пойменных насыпей вьетнамских автомобильных дорог от кавитации и суффозионных деформаций / Чан Ван Зы, О.В. Рябова // Научный журнал инженерные системы

и сооружения – выпуск посвящен всероссийской научной конференции Град ВГАСУ 18-20 ноября – 2014. Том 3 Градостроительство. Дорожно-транспортные коммуникации - №4(17) 2014 – С. 126 – 133.

105. Чан Куок Дат. Повышение несущей способности слабых оснований дорожных насыпей сваями-дренами: диссертация канд. техн. наук / Чан Куок Дат. – Москва, 2010. – 169 с.

106. Черноусов, С.И. Основы инженерной геологии для транспортных строителей: Учебное пособие. – Новосибирск: Изд-во СПУПСа, 2007. –214 с.

107. Чибизов, Г.А. Содержание земляного полотна / Г.А. Чибизов. – М.: Транспорт, 1964. – 190 с.

108. Шульгин, Я.С., Совершенствование методов и конструкций берегозащитных сооружений Черного моря / Я.С. Шульгин. - М., 1982. - 17 с. -(Обзорн. информ./ ВПТИтрансстрой; Вып. I ).

109. Юдин, Л.Н. Нестандартные характеристики геотекстиля / Л.Н. Юдин, А.С. Марченко, Т.А. Лагутина // Трансп. стр-во. - 1990. - №8. - С. 22.

110. Яковенко, В.Г. Строительство берегоукрепительных сооружений / В.Г. Яковенко, - М.: Транспорт, 1986. - 245 с.

111. Яковлева Т. Г.. Железнодорожный путь / Т. Г. Яковлева, Н. И. Карпушенко, С. И. Клинов, Н. Н. Путря, М. П. Смирнов .- М.: Транспорт. 1999. - 405 с

112. Đặc điểm khí hậu và tài nguyên khí hậu Việt Nam [Электронный ресурс]. URL: <http://idoc.vn/tai-lieu/dac-diem-khi-hau-va-tai-nguyen-khi-hau-viet-nam.html> (дата обращения 28/04/2014).

113. Đặng Hữu. Sổ tay thiết kế đường ô tô / Đặng Hữu, Đỗ Bá Chương, Nguyễn Xuân Trực. - HN: NXB xây dựng, 1976. -300 c.

114. Độ ẩm tương đối trung bình trong tháng [Электронный ресурс]. URL: <http://soft.hvacvn.com/thongso/Humidity.aspx> (дата обращения 28/04/2014).

115. TS. Lê Xuân Khâm. Cơ sở khoa học, đề xuất một số giải pháp nhằm đảm bảo an toàn các công trình cầu, đường nông thôn miền Trung trong điều kiện thiên tai bất thường. Tạp chí Khoa học và Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường, số 31-2011. 40tr.

116. Nguyễn Quang Chiêu, Lã Văn Chăm. Xây dựng nền đường ô tô/ Сооружение земляного полотна автомобильных дорог / – HN, GTVT, 2001. –238c.
117. Nguyễn Quang Chiêu. Xây dựng nền đường ô tô / Сооружение земляного полотна автомобильных дорог/ Nguyễn Quang Chiêu, Hà Duy Cương, Dương Học Hải, Nguyễn Khải / NXB ĐH và THCN. HN, 1980, – 396 c.
118. Nguyễn Xuân Vinh, Đoàn Thị Thanh Thảo / Nghiên cứu đất gia cố tổng hợp để xây dựng taluy nền đường đắp ở vùng đồng bằng sông Cửu Long. – HN, 2006.
119. Phạm Duy Hữu. Ngô Xuân Quảng. Vật liệu xây dựng đường ô tô và sân bay/ Дорожно-строительные материалы для автомобильных дорог и аэродромов / – HN, NXB XD – 2004, 288 c.
120. TCN–273-01. Tiêu chuẩn kỹ thuật công trình giao thông tập 9 / Технические нормы и правила транспортных сооружений. Проектирование автомобильных дорог. Том 9.HN, NXB GTVT, 2001, – 690 c.
121. TCVN 4195-86 đến 4202-86. Đất xây dựng / Нормы строительных грунтов/ Ủy ban xây dựng cơ bản nhà nước. – 1986.