

# **СПРАВОЧНИК** **ПО** **ПРОЕКТИРОВАНИЮ** **ИНЖЕНЕРНОЙ** **ПОДГОТОВКИ** **ЗАСТРАИВАЕМЫХ** **ТЕРРИТОРИЙ.**

Под редакцией  
канд. техн. наук В. С. Нищука

Киев «Будівельник» 1983

льства  
военно  
социаль  
ования  
здки в  
ологич  
дними  
ах тех-

эстрои  
ровень  
овке и  
зского  
», при  
овыше  
жения  
альных  
ования  
В ходе  
задача  
ий для

льное с  
ужений  
видов  
э-гигие  
ке тер  
ремя в  
на пло  
научно  
подго-

ировать  
готовки  
публи  
ожного  
ге. Раз  
литера-

н. наук  
онто  
Нищу  
кенов  
VII),  
еке ля

н. наук  
еся по-

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
<b>Раздел I. Градостроительная оценка природных условий</b>	
<b>Глава 1. Природные условия и их учет при выборе территории для города</b>	4
1.1.1. Общая характеристика природных условий	4
1.1.2. Функциональное зонирование территории	5
1.1.3. Выбор территорий для городского строительства	6
1.1.4. Категории территорий и их пригодности для различных видов строительства	7
<b>Глава 2. Градостроительные принципы освоения неудобных территорий</b>	12
1.2.1. Планировка санитарных территорий	12
1.2.2. Зеленые насаждения общего пользования	13
1.2.3. Промышленные и коммунально-складские зоны	15
1.2.4. Определение величины затрат на инженерную подготовку территорий в сложных условиях	16
1.2.5. Оценка экономической эффективности инженерной подготовки территорий	17
<b>Раздел II. Проектирование рельефа городской территории</b>	
<b>Глава 3. Вертикальная планировка в проектах генпланов городов</b>	22
11.3.1. Стадии разработки проектов вертикальной планировки	22
11.3.2. Анализ рельефа для целей градостроительства	22
11.3.3. Схема вертикальной планировки территории города	23
11.3.4. Методы вертикальной планировки	24
11.3.5. Элементарные задачи вертикальной планировки	27
11.3.6. Приспособления для решения задач вертикальной планировки	30
<b>Глава 4. Вертикальная планировка элементов уличной сети</b>	31
11.4.1. Основные принципы высотной организации поверхности улиц	31
11.4.2. Способы размотки проезжей части	31
11.4.3. Вертикальная планировка перекрестков улиц	33
11.4.4. Вертикальная планировка улиц, не имеющих продольных уклонов	36
11.4.5. Вертикальная планировка площадей	36
11.4.6. Определение объемов земляных работ при вертикальной планировке улиц	38
<b>Глава 5. Вертикальная планировка межмагистральных территорий</b>	39
11.5.1. Основные принципы организации поверхности межмагистральных территорий	39
11.5.2. Вертикальная планировка при сплошном и частичном преобразовании рельефа	42
11.5.3. Высотная привязка зданий и сооружений	45
11.5.4. Размещение избыточных масс грунта	45
11.5.5. Определение объемов земляных работ	46
<b>Раздел III. Организация поверхностного стока на городских территориях</b>	
<b>Глава 6. Основные сведения об осадках и стоке</b>	47
111.6.1. Дождевые осадки и их количественная характеристика	47
111.6.2. Системы и схемы канализации	48
111.6.3. Определение расхода дождевых вод	50
111.6.4. Гидравлический расчет дождевой канализации	55
111.6.5. Схемы регулирования стока	57
111.6.6. Расчет регулирования стока прудами и резервуарами	57
<b>Глава 7. Проектирование дождевой канализации</b>	58
111.7.1. Последовательность выполнения работ	58
111.7.2. Начертание сети в плане и ее высотное положение	59
111.7.3. Размещение и расчет дождеприемных колодцев	61
111.7.4. Смотровые и перепадные колодцы	62
111.7.5. Выпуски, ливнеотводы, ливнепуски. Специальные устройства на сети	63
<b>Глава 8. Проектирование и расчет очистных сооружений</b>	64
111.8.1. Сооружения для очистки поверхностных сточных вод	64
111.8.2. Типы очистных сооружений	65
111.8.3. Расчет массовой концентрации загрязнений поверхностного стока	66
111.8.4. Расчет очистных сооружений	67

<b>Раздел IV. Инженерная подготовка затопляемых и подтопляемых территорий</b>	
<b>Глава 9. Защита пойменных и прибрежных городских территорий</b>	68
111.9.1. Градостроительная основа формирования застройки на пойменных и прибрежных территориях	68
111.9.2. Методы защиты территорий от затопления и подтопления	69
111.9.3. Определение незатопляемых отметок	70
111.9.4. Расчет элементов волн	71
111.9.5. Незатопляемые дамбы обвалования	75
111.9.6. Фильтрационный расчет незатопляемых дамб	77
111.9.7. Затопляемые дамбы обвалования	79
111.9.8. Регулирование максимальных расходов и русл малых рек	81
111.9.9. Особенности намывных территорий	81
111.9.10. Схемы и способы намыва	82
111.9.11. Особенности проектирования строительства на намывных территориях	85
<b>Глава 10. Осушение территорий</b>	86
111.10.1. Основные гидрогеологические свойства горных пород	86
111.10.2. Факты подтопления территорий	87
111.10.3. Применение дренажей в условиях городской застройки	88
111.10.4. Основные типы дренажных устройств и их расчет	88
111.10.5. Трубофильтры	94
<b>Раздел V. Инженерная подготовка оползневых и оползнеопасных территорий</b>	
<b>Глава 11. Цели и задачи инженерной подготовки</b>	95
111.11.1. Оползневые процессы, причины развития и формы проявления	95
111.11.2. Требования к исходным материалам для проектирования	97
111.11.3. Принципы инженерной подготовки оползневых и оползнеопасных территорий	98
<b>Глава 12. Расчет устойчивости склонов</b>	100
111.12.1. Общие положения	100
111.12.2. Расчет устойчивости склонов по круглоцилиндрической поверхности скольжения	101
111.12.3. Расчет устойчивости склонов по поверхности скольжения	102
111.12.4. Определение скорости смещения оползневых масс	103
111.12.5. Расчет и проектирование удерживающих сооружений	104
<b>Глава 13. Противооползневые мероприятия</b>	112
111.13.1. Изменение рельефа склона и организация поверхностного стока	112
111.13.2. Дренажирование подземных вод	113
111.13.3. Агротехнико-ландшафтные мероприятия	115
111.13.4. Особые способы закрепления грунтов	116
<b>Раздел VI. Борьба с эрозией и абразией территорий</b>	
<b>Глава 14. Градостроительное использование эродированных территорий</b>	116
111.14.1. Виды эрозии	116
111.14.2. Овраги, их образование и классификация	117
111.14.3. Задачи инженерной подготовки эродированных территорий	119
111.14.4. Противоэрозионные мелиорации и гидротехнические сооружения	120
<b>Глава 15. Защита от речной эрозии</b>	124
111.15.2. Регулирование русл	125
111.15.3. Укрепление речных берегов	129
<b>Глава 16. Противоабразивная защита берегов морей и водохранилищ</b>	131
111.16.1. Задачи инженерной подготовки прибрежных территорий	131
111.16.2. Принципы инженерной защиты берегов от волновой абразии	134
111.16.3. Берегозащитные сооружения	135
<b>Раздел VII. Городские водоемы</b>	
<b>Глава 17. Виды водных устройств в городе</b>	141
111.17.1. Размещение водоемов	141
111.17.2. Санитарно-технические требования к устройству водоемов	142
111.17.3. Архитектурно-пространственные решения и благоустройство водоемов	142
<b>Глава 18. Искусственные пруды, бассейны и фонтаны</b>	144
111.18.1. Инженерное оборудование городских прудов	144
111.18.2. Декоративные и детские плескательные бассейны в микрорайонах	145
111.18.3. Фонтаны	146
111.18.4. Противомаларные мероприятия	148
<b>Глава 19. пляжи</b>	149
111.19.1. Виды пляжей, их организация	149
111.19.2. Инженерная защита пляжей	150
<b>Раздел VIII. Рекультивация нарушенных территорий</b>	
<b>Глава 20. Территории, нарушенные деятельностью человека</b>	150
111.20.1. Способы освоения нарушенных территорий	150
111.20.2. Подрабатываемые территории	153
111.20.3. Территории открытых выработок	155
111.20.4. Терриконки, хвостохранилища, золошлакоотвалы	157
111.20.5. Территории полигонов	159
<b>Раздел IX. Освоение территорий в сложных инженерно-геологических условиях</b>	
<b>Глава 21. Инженерная подготовка территорий с карстом</b>	164
111.21.1. Типы карста и формы его проявления	164
111.21.2. Градостроительная оценка территорий с карстом	165
111.21.3. Меры борьбы с карстом	166

Глава 22. Инженерная подготовка территорий с горными выработками . . . . .	167
IX.22.1. Оценка условий застройки территорий . . . . .	167
IX.22.2. Инженерные мероприятия по освоению территорий . . . . .	168
Глава 23. Инженерная подготовка территорий, сложенных просадочными грунтами . . . . .	169
IX.23.1. Определение типов грунтов по просадочности . . . . .	169
IX.23.2. Подготовка оснований, сложенных просадочными грунтами . . . . .	170
Глава 24. Инженерная подготовка территорий, сложенных заторфованными грунтами и илами . . . . .	170
IX.24.1. Виды заторфованных грунтов и илов . . . . .	170
IX.24.2. Особенности проектирования и строительства зданий и сооружений . . . . .	171
<b>Р а з д е л X. Защита городских территорий от селевых потоков</b>	
Глава 25. Градостроительная оценка селеопасных территорий . . . . .	172
X.25.1. Виды селевых потоков, условия их образования и проектирование мер защиты . . . . .	172
X.25.2. Расчет параметров селевых потоков . . . . .	174
X.25.3. Определение нагрузок на сооружения от воздействия селевых потоков . . . . .	177
Глава 26. Защита территорий от селевых потоков . . . . .	181
X.26.1. Организационно-хозяйственные мероприятия . . . . .	180
X.26.2. Устройство регулирующих сооружений на склонах . . . . .	181
X.26.3. Устройство регулирующих сооружений в руслах . . . . .	181
<b>Приложение</b>	
Авторский надзор за строительством предприятий, зданий и сооружений . . . . .	18
Список литературы . . . . .	18

**Справочник по проектированию инженерной подготовки застраиваемых территорий** / А. И. Билеуш, Г. А. Заблочкин, В. В. Леонтович и др.; Под ред. В. С. Нищука.— К.: Будівельник, 1983.— 192 с., ил.— Библиогр.: 70 назв.

В справочнике приведены нормативные материалы по проектированию инженерной подготовки застраиваемых территорий, описаны методы борьбы с затоплением и подтоплением, оползневыми процессами, эрозией и абразией, карстовыми и др. явлениями, а также способы восстановления нарушенных территорий, изложены основные мероприятия по авторскому надзору проектных организаций за строительством зданий и сооружений. Нормативные данные приведены по состоянию на 1 января 1983 г. Для инженерно-технических работников проектных и строительных организаций.

С  $\frac{3204000000-047}{M203(04) - 83}$  67.83

37.2я

38.2я2  
С74

УДК 699.8.

**Справочник** по проектированию инженерной подготовки застраиваемых территорий / Под ред. В. С. Нищука. — Киев: Будівельник, 1983. — 192 с.

В справочнике приведены нормативные материалы по проектированию инженерной подготовки застраиваемых территорий, описаны методы борьбы с затоплением и подтоплением, оползновыми процессами, эрозией и абразией, карстовыми и др. явлениями, а также способы восстановления нарушенных территорий, изложены основные мероприятия по авторскому надзору проектных организаций за строительством зданий и сооружений.

Нормативные данные приведены по состоянию на 1 января 1983 г.

Для инженерно-технических работников проектных и строительных организаций. Табл. 42. Илл. 116. Библиогр.: 70 назв.

Рецензенты: кандидаты техн. наук *А. Н. Печенов* и *Ю. Г. Кушнирюк*

Редакция литературы по коммунальному хозяйству  
Зав. редакцией инж. *О. Т. Кушка*

*Анатолий Иванович Билеуш, Георгий Антонович Заблоцкий, Владимир Всеволодович Леонтович, Анатолий Григорьевич Марченко, Виталий Сергеевич Нищук, Станислав Прокофьевич Дудник, Андрей Петрович Оситнянко, Владимир Федорович Пустовойт, Михаил Климович Сычев, Александр Сергеевич Штекель*

**Справочник**  
**по проектированию инженерной подготовки застраиваемых территорий**

Под редакцией канд. техн. наук *В. С. Нищука*

Редактор *Г. С. Шандро*. Обложка художника *Е. В. Кравца*. Художественный редактор *А. А. Стеценко*. Технический редактор *К. Е. Ставрова*. Корректоры *В. Б. Кацман, Е. В. Фурман*

Информ. бланк № 2461

Сдано в набор 23.12.82. Подп. в печ. 24.03.83. БФ 03724. Формат 60×90<sup>1/16</sup>. Бум. тип. № 3. Гарн. лит. Печ. выс. Усл. печ. л. 12. Усл. кр.-отт. 12,32. Уч.-изд. л. 18,07. Тираж 22000 экз. Изд. № 120. Заказ № 2—1739. Цена 1 р. 10 к. Издательство «Будівельник», 252053 Киев-53, Обсерваторная, 25. Киевская фабрика печатной рекламы им. XXVI съезда КПСС. 252067 Киев-67, Выборгская, 84.

С 3204000000—047  
M203(04) — 83 67.83

© Издательство «Будівельник», 1983

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Современные масштабы и темпы гражданского и промышленного строительства обусловили необходимость интенсификации работ по градостроительному освоению новых земель. Эта задача тесно связана с комплексной проблемой пропорционального развития всех отраслей народного хозяйства, рационального использования природных богатств и территориальных ресурсов. Под строительные площадки в связи с этим, как правило, отводятся территории со сложными инженерно-геологическими условиями, считавшиеся ранее неблагоприятными или вовсе не пригодными для строительства. Для их освоения требуется применение высокоэффективных технических средств и методов.

Специфика условий и факторов, оказывающих влияние на решение градостроительных проблем на современном этапе, определяет качественно новый уровень функциональных, технико-экономических и эстетических требований к планировке и застройке населенных пунктов. Поэтому в «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года», принятых XXVI съездом КПСС, особое внимание обращено на необходимость повышения качества планировочных, архитектурных и строительных решений, снижения стоимости строительства зданий и сооружений, сокращения удельных капитальных вложений на единицу вводимой в действие мощности, рационального использования земельных, водных и др. ресурсов, а также улучшения окружающей среды. В ходе выполнения этой грандиозной программы практически решается основная задача советского градостроительства — обеспечение наиболее благоприятных условий для высокопроизводительного труда, улучшения быта и отдыха трудящихся.

Инженерная подготовка застраиваемых территорий — это целенаправленное с помощью широкого комплекса специальных инженерных мероприятий и сооружений преобразование территорий по обеспечению их пригодности для различных видов градостроительного использования, а также созданию оптимальных санитарно-гигиенических и экономических условий. Объемы работ по инженерной подготовке территорий увеличиваются с каждым годом. Начиная с 1965 г. по настоящее время в стране полностью завершена инженерная подготовка городских территорий на площади, превышающей 120 млн. га. В современных условиях социального и научно-технического прогресса ставится задача перехода от локальной инженерной подготовки территорий к региональной.

Целью авторов настоящего Справочника было объединить и систематизировать всю основную научно-техническую информацию в области инженерной подготовки застраиваемых территорий, рассредоточенную по многочисленным изданиям и публикациям, и по возможности полнее осветить способы решения достаточно сложного комплекса задач, возникающих перед специалистами в их практической работе. Различные дополнительные сведения по ряду вопросов могут быть найдены в литературных источниках, включенных в библиографический список книги.

Справочник создан авторским коллективом в составе: кандидатов техн. наук *А. И. Билеуша* (гл. 11, 12), *Г. А. Заблоцкого* (разд. I), *В. В. Леонтовича* (разд. II, гл. 17, VII.18.2—3), *А. Г. Марченко* (разд. VI), *В. С. Нищука* (Предисл., III.8.3, IV.9.2—6, IV.9.8—10, VII.18.1, VII.18.4, гл. 19) и инженеров *С. П. Дудника* (гл. 6, 7, III.8.1—2, III.8.4), *А. П. Оситнянко* (разд. VIII), *В. Ф. Пустовойта* (разд. X), *М. К. Сычева* (разд. IX), *А. С. Штекеля* (IV.9.1, IV.9.7, IV.9.11, гл. 10, 13, Прилож.).

Авторы выражают большую благодарность рецензентам кандидатам техн. наук *А. Н. Печенову* и *Ю. Г. Кушнирюку* за рекомендации, оказавшиеся полезными при подготовке Справочника к изданию.

## Раздел I. ГРАДОСТРОИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ

### Глава 1. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ И ИХ УЧЕТ ПРИ ВЫБОРЕ ТЕРРИТОРИИ ДЛЯ ГОРОДА

#### 1.1.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ

На планировку города, инженерно-экономические аспекты освоения территории под застройку оказывает влияние ряд природных условий: геоморфологические (форма рельефа, крутизна склонов), геологические (строение и состав залегающих пород, их несущая способность), гидрогеологические (физико-химический состав и уровень режим грунтовых вод) и гидрологические (физико-химический состав и уровень режим поверхностных вод).

Планировочными ограничениями при выборе территории под застройку могут быть, кроме того, наличие сельскохозяйственных угодий, сложившихся зеленых массивов, заповедников и заказников, зон санитарной охраны источников водоснаб-

#### 1.1.1. Инженерно-геологическая характеристика территорий под застройку

Особенности территории	Характер рельефа	Характеристика грунтов	Гидрогеологические условия	Физико-геологические процессы
Легкоосваиваемая, не требующая специальных мер инженерной подготовки	Слабопересеченное плато. Уклоны до 0,05	Пески, суглинки (непросадочные), глины, скальные породы с допустимым давлением от 20 до 40 кПа и выше	Водоносные горизонты на глубине более 10 м	Отсутствуют
Осваиваемая, но требующая несложных мер инженерной подготовки	Пересеченное плато. Уклоны до 0,10	Глины, суглинки, лесс просадочный с допустимым давлением от 15 до 20 кПа	Грунтовые воды на глубине 8—10 м	Оврагообразование
Трудноосваиваемая, требующая сложных мер инженерной подготовки	Сильнопересеченный рельеф (плато, склоны, изменности). Уклоны более 0,10	Различные грунты, в том числе лессы, реагирующий на замачивание, пльвуны с допустимым давлением от 7,5 до 15 кПа	То же от 1 до 3 м	Оврагообразование, небольшие оползни и обвалы. Размыв берегов. Сейсмические явления. Селевые потоки
Не рекомендуется для освоения	Резкопересеченный рельеф. Уклоны свыше 0,20	Просадочные грунты, пльвуны, карстовые известняки	То же от 0,5 до 1 м	Карст, крупные оползни или обвалы. Просадка поверхности и провалы над выработками. Интенсивный размыв берегов

жения или курортов, а также особые природные (карстовые явления, просадки, обвалы, селевые потоки и др.) и климатические факторы.

При выборе территории для размещения элементов городской застройки благоприятное или неблагоприятное воздействие природных условий оценивается по комп-



Рис. 1.1.1. Литологическая карта территории города (схема):

1 — граница города; 2 — суглинки; 3 — оползневые территории; 4 — глины плотные слоистые (девой); 5 — известняки; 6 — торфы средней плотности; 7 — грунтовые воды; 8 — заболоченные территории; 9 — суглинки моренные; 10 — супеси покровные; 11 — пески и галечники.

лексу инженерных мероприятий, проводимых с целью приспособления указанных факторов к требованиям застройки и благоустройства территории, создания нормальных санитарно-гигиенических условий для населения, охраны природного комплекса от вредного воздействия промышленности, транспорта и др. элементов планировочной структуры города.

Пригодность территории для размещения строительства по характеру рельефа (табл. 1.1.1) оценивается в зависимости от крутизны склонов, определяемой максимальным уклоном на исследуемом участке. К формам рельефа, неудобным или непригодным для городского строительства, относятся горные хребты, края, осыпи и оползневые склоны, склоны с уклоном более 20%. Анализ пригодности территории с точки зрения геоморфологических условий выполняется на основе инженерно-геологической съемки (литологических карт) в масштабе 1:5000 или 1:10000 при проектировании генплана города, в масштабе 1:500—1:2000 — при разработке проектов детальной планировки и застройки жилых районов и микрорайонов (рис. 1.1.1). Основной характеристикой геотехнических свойств грунта является его несущая способность.

Гидрогеологические условия оцениваются по глубине залегания грунтовых вод, мощности водоносного горизонта, литологическому составу водоносных и водоупорных пород, свободному или напорному горизонту, площади распространения водоносного горизонта.

Наличие водоемов, их воздействие на окружающую территорию сопряжено с возможным постоянным или временным затоплением территории.

#### 1.1.2. ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИЙ

При разработке проектов планировки и застройки городов и поселков территории подразделяют на функциональные зоны: селитебную — для размещения жилых районов, общественных центров (административных, научных, учебных, медицинских, спортивных и др.), зеленых насаждений общего пользования; промышленную — для размещения промышленных и связанных с ними объектов; коммунально-складскую — для размещения баз и складов, гаражей, депо и парков городского транспорта и т. п.; внешнего транспорта — для размещения транспортных устройств (пассажирских и грузовых станций, портов, пристаней и др.).

При составлении баланса городской территории выделяют, кроме того, санитарно-защитные зоны, зоны лесов и лесопарков, сельскохозяйственные, территории санитарно-технических устройств, питомников, кладбищ, водных пространств, резервные для застройки городов и неудобные территории (овраги,

поймы рек, карьеры, торфяники, каменоломни и др.), требующие проведения специальных инженерных мероприятий.

В состав селитебной зоны включают территории жилых кварталов и микрорайонов (40–50% площади зоны), общественных учреждений городского и районного значения (13–20%), зеленых насаждений общего пользования (12–24%), улицы, дороги, площади, автовокзалы (15–20%). Размеры селитебной зоны устанавливаются исходя из предполагаемой численности населения города и его средней обеспеченности общей жилой площадью.

В промышленной зоне размещают: заводы, фабрики, теплостанции, электростанции, гаражи, автобусы и др. производственные и обслуживающие объекты (не менее 60% площади зоны); конструкторские бюро с опытными производственными, учебные центры по подготовке и переподготовке кадров, научные и общественные центры (2–10%); железные и автомобильные дороги, транспортные сооружения и устройства (5–15%); резервные территории (20–25%).

Размеры земельных участков складов для обслуживания городов и др. населенных пунктов можно предварительно определить исходя из следующих показателей: 2 м<sup>2</sup> на человека в крупнейших и крупных городах и 3 м<sup>2</sup> в остальных городах и населенных пунктах.

Площадь лесопарковой зоны определяют из расчета на одного человека не менее для крупнейших и крупных городов — 200, больших — 100 и др. городов — 50 м<sup>2</sup>. Площадь парков, предназначенных для обеспечения зеленого строительства посадочным материалом, и цветочных хозяйств рекомендуется рассчитывать исходя соответственно из 5,0 и 0,4 м<sup>2</sup> на человека.

#### 1.1.3. ВЫБОР ТЕРРИТОРИЙ ДЛЯ ГОРОДСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Цель выбора территории для городского строительства — обеспечение требований рационального размещения мест приложения труда, проживания и отдыха населения и создание полноценной архитектурно-планировочной структуры города. Выбор производится при разработке технико-экономического обоснования развития города в составе проекта планировки и уточняется в проекте размещения первой очереди строительства на основе оценки и сравнения возможных вариантов по социально-экономическим, экологическим и архитектурно-планировочным показателям.

Для городского строительства выбирают, главным образом, земли сельскохозяйственного назначения или не пригодные для сельского хозяйства либо сельскохозяйственные земли худшего качества. Размещение городской застройки на орошаемых и осушенных землях, пашнях, земельных участках, занятых многолетними плодовыми насаждениями и виноградниками, а также землях, занятых водохранилищами, защитными и др. лесами первой группы, допускается лишь в исключительных случаях, с учетом того, что изъятие земель (в соответствии с Основами земельного законодательства Союза ССР и союзных республик) производится только по постановлению совета министров союзной республики.

Размещение объектов строительства на землях государственного лесного фонда допускается на участках, не покрытых лесом или занятых кустарниками и малочисленными насаждениями. Использование под застройку земельных участков из площадей заготовки лесных ископаемых возможно при условии согласования с органами государственного горного надзора.

Размещение застройки не допускается:

на участках, расположенных в зонах интенсивного воздействия оползлей, селевых потоков и снежных лавин;

в первом поясе санитарной охраны источников водоснабжения и в первой зоне округов санитарной охраны курортов, установленных в соответствии с действующим законодательством;

в санитарно-защитных зонах промышленности, опасных зонах обвалов породы угольных и сланцевых шахт, обогатительных фабрик, на участках, загрязненных органическими и радиоактивными отходами, до истечения сроков, установленных органами санитарно-эпидемиологической службы;

в зонах вредного воздействия аэропортов в других крупных транспортных сооружениях;

на территории археологических и др. заповедников, а также охранных зон памятников культуры;

на территориях, рассеченных транспортными магистралями (железными и автомобильными дорогами I и II категории) на небольшие изолированные участки, неудобные для застройки.

На основании результатов анализа природных факторов при разработке проекта планировки города составляется схема планировочных ограничений (рис. 1.1.2), которая используется как основа при выборе территории для размещения элементов городской структуры. Территорию выбирают по аналитической градостроительной оценке, получаемой в результате разработки и сравнения вариантов территориального развития города. При этом учитывают: планировочное качество каждого варианта в зависимости от условий взаимного размещения элементов

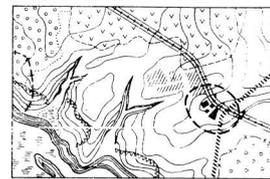


Рис. 1.1.2. Схема планировочных ограничений:

1 — крутой рельеф; 2 — оползневый склон; 3 — овраг с крутыми склонами; 4 — земля гослесфонда; 5 — сельскохозяйственные земли; 6 — заповедные территории; 7 — земля городской застройки; 8 — полоса отвода железной дороги; 9 — заповедные территории; 10 — охранный зона водозаборных сооружений; 11 — санитарно-защитная зона; 12 — линия электропередачи.

структуры города (мест расселения и приложения труда, учреждений обслуживания и мест массового отдыха), стоимость изъятия земли, инженерной подготовки, оборудования и благоустройства территории; наличие ресурсов возможности и ограничений, влияющих на выбор площадок для строительства.

#### 1.1.4. КАТЕГОРИИ ТЕРРИТОРИЙ ПО ИХ ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

С точки зрения инженерной оценки территории по природным условиям условно разделяют на три категории: благоприятные, неблагоприятные и особо неблагоприятные (табл. 1.1.2–1.1.5).

#### 1.1.2. Характеристика природных условий территорий по степени пригодности для жилищного строительства

Природные факторы	Территории		
	благоприятные	неблагоприятные	особо неблагоприятные
Рельеф	Уклон поверхности 0,005–0,10	Уклон поверхности менее 0,005, свыше 0,10 до 0,20, а в горных местностях до 0,30	Уклон поверхности свыше 0,2 и в горных местностях свыше 0,30
Грунты	Допускается устройство фундаментов зданий и сооружений обычного типа при расчетном сопротивлении 15 кПа и более	Требуется устройство фундаментов усиленного типа при расчетном сопротивлении 10–15 кПа (пески, глины, суглинки, лес непродуктивный и др.)	Требуется устройство сложных фундаментов при расчетном сопротивлении менее 10 кПа. Наличие плавучих и макропористых просадочных грунтов

Продолжение табл. 1.1.2

Природные факторы	Территории		
	благоприятные	неблагоприятные	особо неблагоприятные
Гидрогеологические условия	Безнапорные водоносные горизонты залегают на глубине более 3 м. Не требуется понижение уровня грунтовых вод и устройство гидроизоляции	Безнапорные водоносные горизонты залегают на глубине 1—3 м от поверхности. Требуется понижение уровня грунтовых вод и устройство сложной гидроизоляции	Водоносные горизонты залегают на глубине менее 1 м от поверхности
Затопляемость	Территории, незатопляемые или затопляемые не чаще чем один раз в 100 лет (обеспеченность 1%)	Территории, расположенные между линиями затопления наводками, повторяющимися один раз в 100 и 25 лет (обеспеченность 4%) с наивысшим горизонтом высоких вод не более 0,6 м над уровнем земли	Затопление раз в 25 лет и чаще (обесп. 4% и более). Размещение в нижнем бьефе крупных водоемов. Затопление при разрушении плотин или дамб с катастрофическими последствиями
Заболоченность	Заболоченность отсутствует. Осушение возможно простейшими способами	Требуется специальная работа по осушению. Торфяники слоем менее 2 м	Заболоченность грунтового питания. Торфяники слоем 2 м
Овраги	В незначительном количестве неглубокие (до 3 м) овраги с пологими склонами	Недействующие овраги с крутыми склонами глубиной 10 м. Оврагообразование слабое, на небольшой площади	Интенсивное оврагообразование. Овраги с крутыми склонами глубиной более 10 м
Оползни	Оползни отсутствуют	Отдельные оползневые склоны, требующие укрепления	Множество оползневых склонов, требующих укрепления
Размыв берегов водотоков и водохранилищ	Размыв отсутствует	Размыв и переработка берегов в ряде мест. Зона переработки шириной не более 10 м	Реки с блуждающими руслами. Интенсивные явления размыва и переработки берегов. Зона переработки шириной более 10 м
Карст	Карст отсутствует	Незначительное число неглубоких воронок затухшего карста	Множество воронок активного карста глубиной более 10 м. Наличие подземных пустот
Почвы	Черноземы, красноземы. Легкие и средние суглинки, супеси	Слабозасоленные почвы, выщелоченные, кислые. Пески, глины (средние и тяжелые), суглинки тяжелые	Солончи, солончаки. Породы без почвенного слоя. Скальные породы. Почвы с гниющими органическими и радиоактивными веществами

1.1.3. Характеристика природных условий территорий по степени пригодности для промышленного строительства

Природные факторы	Территории		
	благоприятные	неблагоприятные	особо неблагоприятные
Рельеф	Относительно ровные площадки с уклоном 0,003—0,05	Слегка всхолмленные площадки с общим уклоном более 0,05 или менее 0,003	Сильно всхолмленные площадки с общим уклоном более 0,05%, а также площадки практически без уклонов
Грунты	Грунты однородного геологического строения в пределах всей площадки. Расчетное сопротивление более 15 кПа. Допускается возведение зданий и сооружений без устройства искусственных оснований и усиления фундаментов	Отдельные небольшие площади нарушения однородности геологического строения. Расчетное сопротивление от 15 до 10 кПа. Требуется устройство искусственных оснований и усиление фундаментов	Разнородное геологическое строение по всей площадке. Расчетное сопротивление менее 10 кПа
Гидрогеологические условия	Безнапорные водоносные горизонты залегают на глубине более 7, напорные — более 15 м. Понижение уровня грунтовых вод и устройство гидроизоляции не требуется	Безнапорные водоносные горизонты залегают на глубине от 7 до 3, напорные — от 15 до 10 м. Требуется понижение уровня грунтовых вод и устройство гидроизоляции	Безнапорные водоносные горизонты залегают на глубине не менее 3, напорные — менее 10 м
Затопляемость	Отметки территорий не менее 0,5 м выше расчетного горизонта высоких вод. Повторяемость затопления, допустимая при строительстве крупных предприятий народного хозяйственного и оборонного значения, не чаще одного раза в 100 лет, для остальных предприятий — один раз в 50 и для предприятий с коротким сроком эксплуатации — один раз в 10 лет	Отметки территорий менее 0,5 м от соответствующих расчетных горизонтов высоких вод. Повторяемость затопления менее одного раза в 50 лет	Затопление более одного раза в 20 лет (обеспеченность 5% и выше). Размещение в нижнем бьефе крупных водоемов. Затопление при разрушении плотин или дамб с катастрофическими последствиями
Заболоченность	Заболоченность и бессточные котлованы отсутствуют. Осушение территории возможно простейшими способами	Незначительная заболоченность атмосферного питания при отсутствии торфяников	Заболоченность грунтового питания. Торфяники слоем 2 м и более
Овраги	Овраги отсутствуют	Отдельные стабилизировавшиеся овраги глубиной до 3 м, допускающие возможность засыпки	Отдельные стабилизировавшиеся овраги глубиной свыше 3 м и действующие овраги

Продолжение табл. 1.1.3

Природные факторы	Территории		
	благоприятные	неблагоприятные	особо неблагоприятные
Оползни	Оползни отсутствуют	Недействующие и отдельные активные оползни на небольшой площади, требующие несложных инженерных мероприятий	Значительно распространены действующие оползни, требующие сложных инженерных мероприятий
Размыв берегов	Размыв берегов отсутствует	Незначительные явления размыва и переработки берегов. Ширина зоны размыва и переработки до 10 м	Интенсивные явления размыва и переработки берегов. Ширина зоны размыва более 10 м
Карст	Карст отсутствует	Воронки действующего старого карста на небольшой площади, требующие несложных инженерных мероприятий	Значительно распространены активный карст

**1.1.4. Характеристика природных условий территорий по степени пригодности для размещения коммунально-складских зон**

Природные факторы	Территории		
	благоприятные	неблагоприятные	особо неблагоприятные
Рельеф	Относительно ровные площадки с уклоном 0,003—0,05	Слегка всхолмленные площадки с общим уклоном более 0,05 или менее 0,003	Сильно всхолмленные площадки с общим уклоном более 0,05, а также практически не имеющие уклонов
Грунты	Допускающие устройство фундаментов зданий и сооружений обычно типа при расчетном сопротивлении более 15 кПа (пески, глины, лессы непросадочный и др. пресадочные и т. п.)	Требуется устройство фундаментов усиленного типа при расчетном сопротивлении в пределах 10—15 кПа (пески, суглинки, глины, лессы непросадочный и др. пресадочные и т. п.)	Требуется устройство сложных фундаментов при расчетном сопротивлении менее 10 кПа. Наличие плавучих и макропористых просадочных грунтов
Гидрогеологические условия	Безнапорные водоносные горизонты залегают на глубине более 7 м, напорные — более 15 м	Безнапорные водоносные горизонты залегают на глубине 3—7 м, напорные — от 15 до 10 м	Безнапорные водоносные горизонты залегают на глубине менее 3 м, напорные — менее 10 м
Затопляемость	Отметки территорий не менее 0,5 м выше расчетного горизонта высоких вод. Повторяемость затопления не чаще одного раза в 50 лет (обеспеченность 2%)	Отметки территории менее 0,5 м от расчетного горизонта высоких вод. Повторяемость затопления не чаще одного раза в 20 лет (обеспеченность 2—5%)	Затопление чаще одного раза в 20 лет (обеспеченность более 5%)

Продолжение табл. 1.1.4

Природные факторы	Территории		
	благоприятные	неблагоприятные	особо неблагоприятные
Заболоченность	Заболоченные участки и бессточные котловины отсутствуют	Незначительная заболоченность атмосферного питания. Торфяники слоем до 0,5 м	Заболоченность грунтового питания. Торфяники слоем более 0,5 м
Овраги	Овраги отсутствуют	Отдельно стабилизированные овраги глубиной до 3 м, допускающие возможность засыпки	Интенсивный процесс оврагообразования. Стабилизированные овраги глубиной до 10 м с крутыми склонами
Оползни	Оползни отсутствуют	—	—
Размыв берегов	Размыв берегов отсутствует	Незначительные явления размыва и переработки берегов. Зона размыва и переработки шириной до 10 м	Интенсивные явления размыва и переработки берегов. Зона размыва и переработки шириной более 10 м
Карст	Карст отсутствует	—	—

**1.1.5. Характеристика природных условий территорий по степени пригодности для размещения садов и парков**

Природные факторы	Территории		
	благоприятные	неблагоприятные	особо неблагоприятные
Рельеф	С уклонами до 0,10	С уклонами от 0,10 до 0,30	С уклонами более 0,30
Почвы	Черноземы, красноземы, легкие и средние суглинки, супеси	Слабозасоленные, выщелоченные, кислые грунты. Пески, глины (средние и тяжелые), суглинки тяжелые	Солонцы, солончаки. Лишенные почвенного слоя грунты. Скальные породы при сплошном залегании
Гидрогеологические условия	Уровень грунтовых вод от 2 до 1,5 м от поверхности	Уровень грунтовых вод от 1,5 до 0,5 м и от 2 до 3 м от поверхности	Уровень грунтовых вод менее 0,5 и более 3 м от поверхности
Затопляемость	Незатопляемые паводковыми водами	Затопляемые паводковыми водами не более чем на 15 дней	Затопляемые паводковыми водами более чем на 15 дней
Овраги	Стабилизированные овраги глубиной до 5 м с пологими склонами	Стабилизированные овраги глубиной до 5 м с крутыми и обрывистыми склонами или глубиной более 5 м с пологими склонами	Действующие овраги
Оползни	Оползни отсутствуют	Отдельные оползневые склоны, требующие укрепления	Многочисленные оползневые склоны, требующие укрепления

Продолжение табл. 1.1.5

Природные факторы	Территории		
	благоприятные	неблагоприятные	особо неблагоприятные
Размыв и переработка берегов	Размыв и переработка берегов отсутствуют	Явления размыва и переработки берегов в ряде мест. Зона переработки шириной не более 10 м	Реки с блуждающими руслами. Значительный размыв и переработка берегов. Зона переработки шириной более 10 м
Карст	Карст отсутствует	Незначительное число неглубоких воронок затухающего карста	Значительное число воронок затухающего карста глубиной более 10 м. Наличие в пределах территории подземных пустот

## Глава 2. ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОСВОЕНИЯ НЕУДОБНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

### 1.2.1. ПЛАНИРОВКА СЕЛИТЕБНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Основные элементы селитебной территории — жилые районы, состоящие из жилых кварталов или микрорайонов, которые объединяются общественным центром с учреждениями и предприятиями районного значения. Численность населения жилых районов в крупнейших и крупных городах принимается от 40 до 80, в больших и средних — от 25 до 40 тыс. чел. Численность населения микрорайонов в крупнейших и крупных городах рекомендуется принимать от 12 до 20, в больших и средних — от 6 до 12 и в малых городах и поселках — от 4 до 6 тыс. чел.

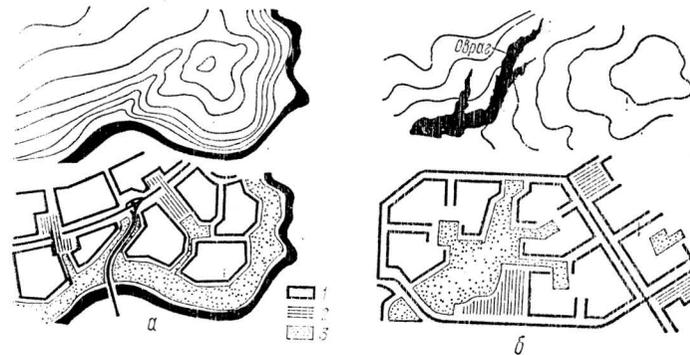


Рис. 1.2.1. Использование неудобных территорий для размещения зеленых насаждений:  
а — размещение жилого района на склоновых территориях; б — размещение парка жилого района на овражной территории; 1 — жилая застройка; 2 — общественные центры; 3 — зеленые насаждения.

В жилом районе выделяют территории жилой застройки, общественных зданий и сооружений, зеленых насаждений, улицы, площади, автостоянки. Кроме того, в структуру селитебной территории могут входить участки предприятий и учреждений градообразующей базы, а также общественных учреждений общегородского значения.

При планировке селитебной территории (рис. 1.2.1) необходимо учитывать особенности рельефа местности, гидрогеологические и др. условия исходя из требований к инженерному освоению различных территорий. При проектировании жилой застройки следует максимально сохранять естественный рельеф, почвенный покров и существующие зеленые насаждения.

При уклонах более 0,15 строят специальные здания (рис. 1.2.2), приспособленные к размещению на крутых склонах, создавая протяженные структурные элементы жилой застройки, развитые вдоль склона, с увеличением плотности магистралей районного значения и сокращением радиусов обслуживания общественных центров. Кроме того, используют серпантинные трассировки местных проездов с уклоном до 0,10—0,11, применяют специальные методы прокладки инженерных сетей, устраивая станции подкачки, перекачки, перепадные колодцы и т. п.

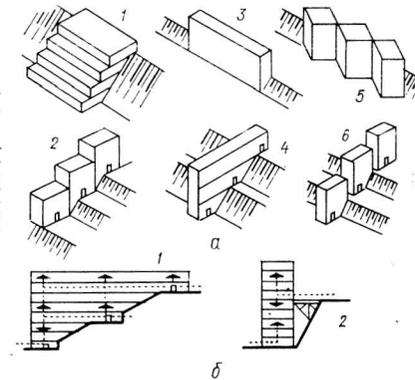


Рис. 1.2.2. Размещение и типология зданий для застройки на крутых склонах:

а — типы зданий (1 — террасный; 2 — каскадный; 3 — продольный; 4 — поперечный; 5 — точечный горизонтальный; 6 — точечный вертикальный); б — размещение здания соответственно в поперечном и продольном направлениях.

На территориях, требующих повышения отметок с помощью намыва (подсыпки) или понижения уровня грунтовых вод, рациональное функциональное зонирование, увеличение плотности застройки территории, повышение этажности и вынос участков физкультурно-спортивных учреждений, автомобильных стоянок и зеленых насаждений за пределы жилой застройки (рис. 1.2.3) позволяют существенно снизить объем земляных работ и стоимость инженерной подготовки.

### 1.2.2. ЗЕЛЕННЫЕ НАСАЖДЕНИЯ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Зеленые насаждения общего пользования размещают в виде единой системы, учитывая особенности естественного ландшафта, планировочной структуры города и формирования его архитектурно-пространственной композиции. Площадь парков общегородского значения должна составлять не менее 15, парков планировочных районов — 10, садов жилых районов — 3 и скверов — 0,5 га. Площадь общепоселковых садов в сельской местности должна быть не менее 2 га. При этом площадь озеленения территории должна составлять не менее 70% площади парка.

Построение системы зеленых насаждений города основывается на максимальном использовании естественного ландшафта, в частности пойменных и склоновых

территорий, с созданием водно-зеленого диаметра и освоения под парки и зеленые насаждения овражных территорий. Это позволяет, с одной стороны, сохранить наиболее выразительные элементы естественного ландшафта и улучшить эстетический облик города, с другой — наиболее рационально использовать территории, не пригодные для жилищного строительства.

С точки зрения использования неудобных территорий выделяют парки на береговых склонах рек и водосемов, овражные, парки на холмах, луго- и гидропарки в поймах рек. Размещение парков на территориях со сложным рельефом, оврагами, оползневыми склонами требует проведения мероприятий по укреплению склонов: уположивания наиболее крутых участков, террасирования склонов, планировки и

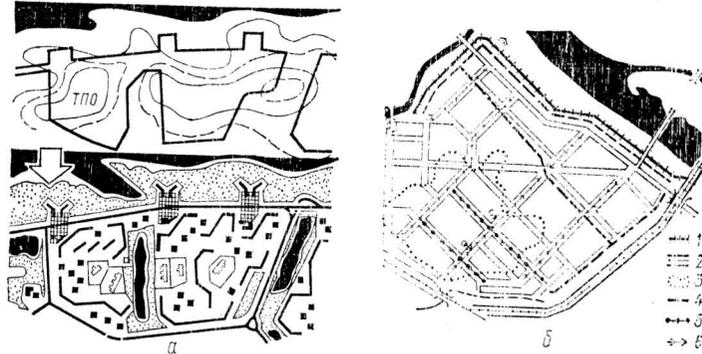


Рис. 1.2.3. Примеры освоения затопляемых территорий:

*a* — намыв территории (ТПО — территория повышенных отметок); *б* — защита реконструируемой застройки от затопления и подтопления (1 — дамба обвалования; 2 — насыпь железной дороги, используемая как дамба; 3 — насыпка торфа грунтом до 1 м; 4 — открытая дрена; 5 — головной дренаж; 6 — дождевой коллектор).

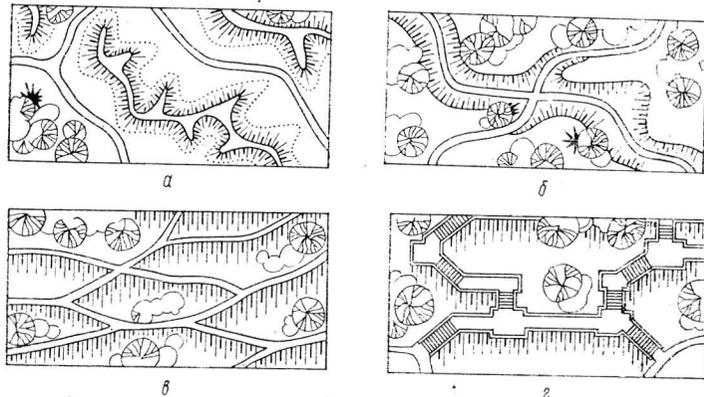


Рис. 1.2.4. Использование рельефа для формирования ландшафтной композиции: *a* — обрамление дороги искусственной насыпью; *б* — врезка аллей в рельеф; *a* — организация серпантин; *б* — устройство лестничных сходов и площадок отдыха на склоне.

закрепления тальвегов оврагов (рис. 1.2.5); посадки древесно-кустарниковой растительности; укрепления и одерновки откосов; устройства пандусов, лестничных сходов, подпорных стен, которые должны быть самостоятельными элементами архитектуры ландшафта (рис. 1.2.4).

В городах с горнодобывающей промышленностью озеленение территорий, 30—45% площади которой составляют нарушенные участки отвалов, просадок, провалов и карьеров, должно быть составной частью плана мероприятий по рекультивации и приспособлению этих территорий для потребностей города, создания культурного ландшафта, близкого к естественному.

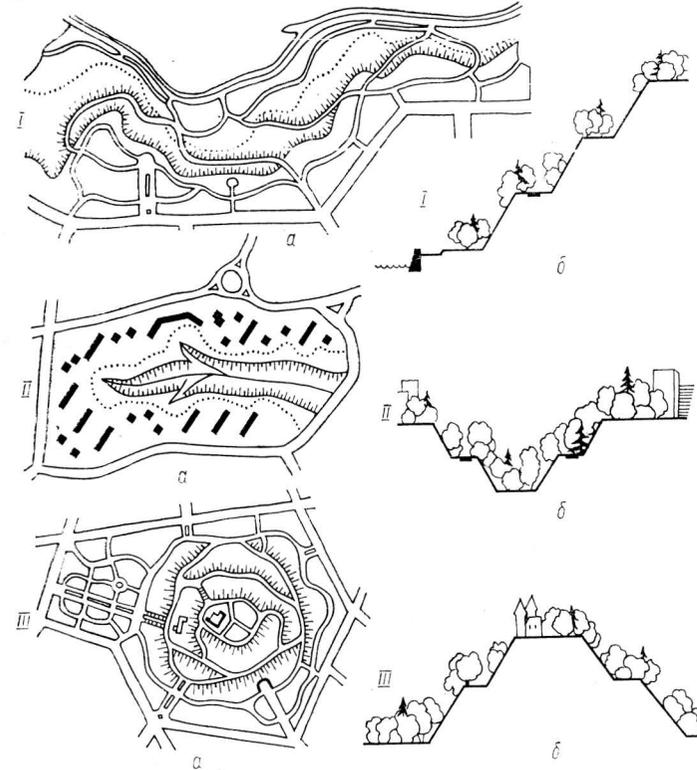


Рис. 1.2.5. Размещение парков на территориях со сложным рельефом: *a* — на склоне в приречной зоне; *б* — на территории оврага; *в* — на холмах.

### 1.2.3. ПРОМЫШЛЕННЫЕ И КОММУНАЛЬНО-СКЛАДСКИЕ ЗОНЫ

Планировка промышленной зоны района должна обеспечивать: наиболее эффективное размещение всех основных элементов ее структуры; рациональное использование территории; создание четких транспортных связей и организацию «встречной» схемы планировки автомобильных и железных дорог; возможность расширения предприятий благодаря резервированию территории, максимальному

сохранению среды обитания человека. Принципиальная схема планировочной структуры промышленной зоны может быть ленточной или глубинной. Структурной единицей схемы является квартал или блок — единая территория, на которой располагается одно или несколько сгруппированных предприятий.

Промышленные зоны размещают: в удалении от селитебных территорий — районы, предназначенные для предприятий, которые по санитарным нормам относятся к производствам I и II классов независимо от объема грузооборота;

около границ селитебной территории — районы, предназначенные для предприятий, которые по санитарным нормам относятся к производствам III—V классов независимо от объема грузооборота, а также предприятий, не имеющих вредных производственных факторов, но требующих устройства подъездных железнодорожных путей;

в пределах селитебной территории — районы, предназначенные для предприятий V класса, а также предприятий, не имеющих вредных производственных факторов и не требующих устройства подъездных железнодорожных путей, с объемом грузооборота, осваиваемым автотранспортом с интенсивностью движения не более 40 авт/сут.

Освоение территории, имеющей участки, непригодные для застройки, должно основываться на рациональном функциональном зонировании с размещением на таких участках отвалов, хвостохранилищ, санитарно-защитных зон, системы озеленения и т. п. На участках со сложным рельефом целесообразно размещать предприятия (например, обогатительные фабрики, дробильные установки), технологические условия которых позволяют использовать такой рельеф.

Промышленные районы, включающие предприятия со значительным потреблением воды (более 10 млн. м<sup>3</sup> в год), например теплоэлектроцентрали, целлюлозно-бумажные, металлургические и искусственного волокна комбинаты, нефтеперерабатывающие заводы, обогатительные фабрики и т. п., или группы предприятий с суммарным потреблением воды более указанного количества, рекомендуется размещать вблизи естественных водоемов, обеспечивающих предприятия водой. Такие предприятия могут быть расположены на пойменных территориях или на территориях с высоким уровнем грунтовых вод при организации инженерной защиты территорий от затопления и подтопления с отводом поверхностного стока.

При освоении территории для размещения промышленной или коммунально-складской зоны рельеф должен обеспечивать выполнение оптимального объема земляных работ, а также удобный отвод поверхностных и сточных вод. При этом следует предусматривать самотечное движение сточных вод в канализационную сеть при минимальном заглублении труб и каналов.

#### 1.2.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ЗАТРАТ НА ИНЖЕНЕРНУЮ ПОДГОТОВКУ ТЕРРИТОРИЙ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ

Стоимость работ по инженерной подготовке, оборудованию и благоустройству территории достигает 18—20% общей стоимости жилищного строительства. Собственно затраты на инженерную подготовку обычно не превышают 2% общей стоимости строительства и составляют около 15 тыс. р. на 1 га осваиваемой территории. При освоении неудобных территорий стоимость инженерной подготовки существенно увеличивается.

При составлении ТЭО и генпланов для предварительной оценки территории перспективного развития города и выбора рационального варианта размещения жилищного строительства используют ориентировочные показатели увеличения его стоимости строительства в зависимости от природных условий (табл. 1.2.1).

Стоимость инженерной подготовки территории зависит как от инженерно-геологической характеристики участка, так и от требований, предъявляемых условиями функционального освоения. Даже если по комплексу природных условий не предполагается освоение территории под застройку, при экономическом обосновании территориального развития города необходимо учитывать тот минимум затрат, который потребуется для восстановления и сохранения природного комплекса, а также элементарного благоустройства территории (рекультивации нарушенных территорий, удержания и укрепления оползневых склонов, противоэрозийных мероприятий, озеленения и т. п.). При определении величины затрат по инженерной подготовке территории на стадии разработки генплана, проектов первой очереди строи-

#### 1.2.1. Ориентировочные показатели увеличения строительных и эксплуатационных затрат на инженерную подготовку территорий в неблагоприятных условиях

Характеристика условий	Увеличение затрат, %	
	строительных	эксплуатационных
Значительные уклоны местности: от 0,05 до 0,08	2—6	2—9
свыше 0,08 до 0,12	4—7	5—10
Подверженность территории затоплению и подтоплению при соотношении длины дамбы и глубины защищаемой территории:		
1 : 0,5	4,5—5	2—2,5
1 : 1	2—3	1—1,2
1 : 1,5	1,5—2	0,7—0,8
1 : 2	1—1,5	0,5—0,6
Заболоченные территории при питании болот водами: атмосферными	0,4—0,8	2,5
грунтовыми	0,4—2	
паводковыми	2—4	
Высокий уровень грунтовых вод	0,6—2,6	2—5
Недостаточная несущая способность грунтов	3—8	—
Наличие подземных выработок	4—8	—
Мокрые грунты	4—9	8—9
Наличие оползня: пластического	20—90	10—20
суффозионного	40—130	15—17
контактно-соскальзывающего, срезающего или скальывающего	110—340	35—40
структурно-пластического	190—430	50—55
Наличие оврагов	20—43	—
Сейсмические явления интенсивностью, баллы:		
7	4	—
8	8	—
9	12	—
Наличие почв, неблагоприятных для зеленых насаждений, замена которых превышает 50%	0,5—0,9	—
Солоночаковые почвы	0,2—0,4	—

тельства обычно используют укрупненные показатели капитальных вложений (табл. 1.2.2) без детальной разработки всех мероприятий и оценки их стоимости. Эти показатели в зависимости от конкретных условий и практики строительства в каждом городе должны быть уточнены (табл. 1.2.3).

При необходимости более точного определения величины затрат на инженерную подготовку с учетом конкретных мероприятий по освоению территорий могут быть использованы укрупненные показатели, приведенные в табл. 1.2.4.

#### 1.2.5. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНЖЕНЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ ТЕРРИТОРИЙ

Целесообразность инженерной подготовки неудобных территорий определяется общим градостроительным эффектом освоения территории, величина которого зависит от архитектурно-планировочных и санитарно-гигиенических условий, а также экономических показателей строительства и эксплуатации зданий и сооружений.

Комплексная оценка территории города, составляемая при разработке генплана города и уточняемая в проектах размещения первой очереди строительства, основывается на следующих показателях:

оценке функционального удобства или градостроительного качества, района

или площадки в зависимости от размещения в планировочной структуре города и возможности организации связей с местами приложения труда, отдыха и обслуживания;

характеристике санитарно-гигиенических условий и ограничений (необходимость сохранения ценного исторического фонда, ландшафта или формирования архитектурно-пространственной композиции и т. п.).

### 1.2.2. Капитальные вложения в инженерную подготовку территорий при неблагоприятных условиях строительства (ориентировочные данные)

Мероприятия по инженерной подготовке	Капитальные вложения на 1 га, тыс. р.	Капитальные вложения, р. на 1 м <sup>2</sup> общей площади при этажности застройки						
		2	3	4	5	9	12	16
Освоение затопляемых пойменных территорий при высоте затопления, м:								
2	15	6,8	5,7	5,5	5,0	4,3	4,2	4,2
3—4	30	13,6	11,4	11,0	10,0	8,6	8,4	8,3
более 5 или 3—4 при наличии заторфованности	50	22,7	19,0	18,2	16,7	14,4	14	13,9
Подсыпка пониженных территорий на каждый метр высоты:								
при сухой укладке грунта	10	4,5	3,8	3,6	3,3	2,9	2,8	2,8
при гидронамыве	5	2,3	1,9	1,8	1,7	1,4	1,4	1,4
Понижение уровня грунтовых вод:								
открытой сетью при обеспечении нормы осушения 1—1,5 м	1,5	0,7	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4
закрытой сетью без учета стоимости насосных станций при обеспечении нормы осушения 2—3 м	3	1,4	1,2	1,2	1,0	0,8	0,8	0,8
то же при норме осушения 2—3 м с учетом стоимости насосных станций	5	2,3	1,9	1,8	1,7	1,4	1,4	1,4
Освоение заторфованных территорий со слоем торфа, м:								
до 3	15	6,8	5,7	5,5	5,0	4,3	4,2	4,2
более 3	30	13,6	11,4	11,0	10,0	8,6	8,4	8,3
Освоение заболоченных территорий	10	4,5	3,8	3,6	3,3	2,9	2,8	2,8
Инженерная подготовка территорий, подверженных оползневым явлениям активностью:								
незначительной	40	18,1	15,2	14,6	13,3	11,5	12,6	12,5
значительной	100	45,3	37,9	36,4	33,3	28,9	28,0	27,8
Освоение закарстованных территорий (вертикальная планировка, водоотвод, дренаж, благоустройство отдельных карстовых воронок)	10	4,5	3,8	3,6	3,3	2,9	2,8	2,8
Освоение территорий:								
с просадочными грунтами (вертикальная планировка, водоотвод, осушение грунта)	8	3,6	3,0	2,9	2,7	2,3	2,2	2,2
со скальными грунтами	40	18,1	15,2	14,6	13,3	11,5	12,6	12,5

На основании оценки функционального удобства района вводятся дифференцированные показатели плотности его освоения по сравнению со средней для города интенсивностью использования территории: для I зоны (в крупнейших городах) — 1,75; II — 1,5; III — 1,25; IV — 0,85; V — 0,7; VI — 0,5. Эти показатели позволяют учесть градостроительный эффект

освоения отдельных участков (площадок), расположенных в различных районах города. Для этого фактическую площадь их территории заменяют приведенной с учетом коэффициентов использования территории (интенсивность освоения участка приводится к среднеродским условиям):

$$F'_i = F_i \delta_i,$$

### 1.2.3. Укрупненные показатели стоимости мероприятий по инженерной подготовке территорий в сложных условиях (на примере Киева)

Виды мероприятий	Стоимость работ, тыс. р.	Примечание
Гидронамыв пойменных территорий, га	40—90	Высота намыва 4—6 м. Стоимость увеличивается при удалении карьеров от 2 до 4—6 км
Противооползневые мероприятия, га: обычные условия	35—130	Дренажные штольни, планировка территории, водоотвод
сложные условия	500—700	То же и строительство инженерных сооружений для удержания склонов
Защита от подтопления грунтовыми водами, га	3—12	Горизонтальные дренажи (норма осушения 2,5—4 м)
Оврагоукрепительные мероприятия, га	15—25	Водоотвод, осушение дна оврага, озеленение
Рекультивация карьеров, га	20—30	Водоотвод, дренирование водонесных горизонтов, озеленение
Укрепление берегов р. Днепр, км: вертикальные гранитные набережные	3600	—
полуоткосные набережные с железобетонным креплением	800—900	—
откосные набережные с железобетонным креплением	280—300	—
Защита пойменных затопляемых территорий дамбами, га	290—331	Подпор 2—3 м над межennым горизонтом. Амплитуда паводка до 8 м

где  $F'_i$ ,  $F_i$  — приведенная и фактическая площади участков, пригодных для освоения, га;  $\delta_i$  — коэффициент интенсивности освоения участка  $i$ , определяемый в зависимости от расположения этого участка в плане города, т. е. его квалитетической оценки.

Экономическая оценка освоения участка территории под застройку включает:

затраты на возведение зданий и сооружений, пропорциональные объему строительства и не зависящие от расположения участка в плане города;

затраты на освоение площадки (инженерную подготовку и оборудование территории, строительство внутриплощадочных сетей и благоустройство);

внеплощадочные и дополнительные затраты на строительство инженерных сетей и коммуникаций, а также транспортное строительство в связи с вынесением предприятий или др. существующих объектов за пределы площадки и возмещением ущерба при изъятии сельскохозяйственных территорий, сносе жилых зданий и т. п.

По каждому виду затрат определяют капиталовложения и эксплуатационные расходы, приводимые к сроку окупаемости:

$$Z_i = Z_i T_n + K_i,$$

где  $Z_i$  — годовые эксплуатационные затраты, р. в год,  $T_n$  — нормативный срок окупаемости, годы;  $K_i$  — капиталовложения в строительство (единовременные затраты), р.

При перспективном планировании развития города и оценке городской территории могут учитываться только единовременные затраты на освоение и инженерное оборудование территории.

**1.2.4. Ориентировочная стоимость мероприятий по инженерной подготовке территорий (укрупненные показатели)**

Виды работ	Стоимость, р.
Вертикальная планировка территорий со спокойным рельефом (уклон местности до 0,08), га	500—1500
Разработка грунта экскаватором с перемещением автосамосвалами на расстояние до 5 км, 100 м <sup>3</sup> :	
сухого	100—120
тяжелого	140—150
Рытье траншей в сухих грунтах, 100 м <sup>3</sup>	15
Укрепление откосов мощением, 100 м <sup>2</sup> :	300
одиночным	450
двойным	550
каменем	
Укрепление откосов железобетонными плитами площадью до 1 м <sup>2</sup> и толщиной 16 см, 100 м <sup>2</sup> :	1000
с одерновкой	150
с посадкой деревьев и кустарников	600
Дренажирование территории, 100 м <sup>2</sup> :	
открытой сетью при норме осушения 1—1,5 м	15—20
закрытой сетью при норме осушения 2—3 м	25—40
то же с учетом стоимости станций перекачки	45—60
Осушение заболоченных территорий, га:	
открытыми канавами	100—150
гончарным дренажем при глубине заложения, м:	
1—1,2	500—1200
1,3—1,5	600—1400
1,6—2	850—2000
Организация поверхностного стока, м:	
открытыми лотками	10—15
закрытой водосточной сетью из асбестоцементных и железобетонных труб диаметром, м:	
до 0,5	22—38
0,6—1	40—80
1,2—1,6	90—160
дренажным коллектором глубиной 3 м	25—35
головным береговым дренажем глубокого заложения:	
горизонтальным глубиной 5 м	50—80
комбинированным глубиной 4—5 м	80—120
вертикальным глубиной более 5 м	70—150
Устройство подпорных стен, м <sup>3</sup>	15—30
Устройство набережных капитального типа с подпорными стенами высотой, м:	
до 3	350—600
3—5	350—600
5—7	500—900
7—10	700—1200
Крепление берегового откоса с устройством набережной высотой, м:	
до 5	150—200
5—10	250—350
10—30	1000—1200
Ликвидация оврагов путем засыпки или намыва, 100 м <sup>2</sup>	700—1500
Частичная ликвидация оврагов с закреплением дна и вершин, 100 м <sup>2</sup>	20—60
Благоустройство, озеленение оврагов с закреплением дна и вершин, 100 м <sup>2</sup>	10—20
Выпрямление русла малых рек, м	500—1000
Устройство водоемов, га	10000—20000
Устройство пляжей (намыв песка с расчисткой и планировкой пляжной полосы), 100 м <sup>2</sup>	200—500

Продолжение табл. 1.2.4

Виды работ	Стоимость, р.
Устройство дамб с отсыпкой камнем банкстов, креплением железобетонными плитами и одерновкой откосов, м <sup>3</sup>	6—10
Засыпка понижений, провалов, выработанных пространств с привозом грунта на расстояние около 3 км и грубой планировкой на отвале, м <sup>3</sup>	0,6—0,8
Разработка и перемещение грунта бульдозерами, м <sup>3</sup>	0,15—0,25
Уплотнение грунта, м <sup>3</sup>	0,04
Разработка отвалов (переформирование, охлаждение горячей породы, выравнивание гребней и пр.), м <sup>3</sup>	0,8—1,0

В качестве критерия эффективности освоения территории применяется разница в удельных затратах на освоение 1 га территории (или на возведение 1 м<sup>2</sup> общей площади жилых зданий в наилучшем, «замыкающем», районе) и оцениваемого участка. Для этого определяют замыкающий участок или район города, характеризующийся наибольшей величиной удельных затрат, рассчитывая для каждого пригодного для освоения участка показатели стоимости строительства на 1 га или на 1 м<sup>2</sup> общей площади:

$$S_i = \frac{Z_i}{F_i} \text{ или } C_i = \frac{Z_i}{pF_i},$$

где  $F_i$  — приведенная площадь территории участка  $i$  с учетом предполагаемого показателя интенсивности ее освоения, га;  $p$  — средняя плотность застройки, определяемая для жилищного строительства в зависимости от средней этажности.

Критерий  $S$  можно применять при анализе размещения на территории города всех видов застройки, поэтому он более универсален, чем критерий  $C$ . Показатель удельной стоимости освоения единицы территории изменяется в зависимости от вида застройки, в связи с этим при составлении градостроительной оценки территории стоимость строительства определяется обычно при условии размещения наиболее массового его вида — жилищного.

По величине указанных выше показателей отбирают наилучшие участки таким образом, чтобы их суммарная площадь соответствовала территориальным потребностям города. Замыкающим, или эталонным, окажется тот участок из числа неотобранных, эффективность освоения которого характеризуется наименьшими затратами.

Для определения замыкающего участка можно также пользоваться методом линейного программирования.

Эффективность инженерного освоения неудобных территорий устанавливается путем сравнения показателей стоимости размещения строительства с учетом проведения всех необходимых мероприятий на исследуемом и замыкающем участках:

$$\Delta S_i = (S_0 - S_i) F_i \delta_i \text{ или } \Delta C_i = (C_0 - C_i) F_i p_i P_i,$$

где  $S_0, C_0$  — показатели стоимости строительства соответственно на 1 га и на 1 м<sup>2</sup> общей площади на эталонном участке;  $\delta_i$  — часть территории исследуемого участка  $i$ , для освоения которой необходимо выполнение оцениваемого комплекса инженерных мероприятий.

При отсутствии данных по градостроительной оценке территории площадки эффективность инженерной подготовки участка определяют по наибольшей удельной стоимости строительства на участках (площадках), пригодных для освоения.

## Раздел II. ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФА ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ

### Глава 3. ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА В ПРОЕКТАХ ГЕНПЛАНОВ ГОРОДОВ

#### II.3.1. СТАДИИ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТОВ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКИ

Действующими нормативными документами предусмотрены следующие стадии разработки проектов планировки и застройки городов:

генплан (с предшествующей стадией ТЭО развития города и эскизом генплана для городов с проектной численностью населения 500 тыс. человек и более), выполняемый в масштабе 1 : 5000 (1 : 10 000);

проект детальной планировки и эскиз застройки, разрабатываемые для отдельных частей селитебной территории, а также проект планировки промышленного района на основе генплана города в масштабе 1 : 1000—1 : 2000;

проект застройки микрорайона или квартала, проект предприятия, здания или сооружения, разрабатываемые на основе проекта детальной планировки и эскиза застройки в масштабе 1 : 500—1 : 1000, которые могут быть осуществлены в одну (рабочий проект) или две (проект и рабочая документация) стадии.

На стадии генплана разрабатывается схема вертикальной планировки территории города, выполняемая в масштабе, соответствующем масштабу генплана. Она представляет собой план красных линий, на который нанесены существующие и проектные отметки пересечений осей улиц и др. характерных точек, направлений и уклонов между ними, мест сброса поверхностных вод и участков с большими объемами земляных работ.

На основе проектов детальной планировки жилых и промышленных районов в масштабе 1 : 2000—1 : 1000 составляется схема вертикальной планировки, отличающаяся от аналогичной схемы в проекте генплана города большей детализацией.

На рабочих чертежах в масштабе 1 : 500—1 : 1000 указывают проектные горизонтали, отметки и уклоны, откосы и подпорные стены, картограммы земляных работ, а также наносят поперечные профили улиц и проездов.

#### II.3.2. АНАЛИЗ РЕЛЬЕФА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА

Топографические работы проводятся на основании классификации местности по энергии рельефа (табл. II.3.1). Для градостроительного освоения пригодны местности только первой и второй категорий. В районах, относящихся к

#### II.3.1. Категории местностей по энергии рельефа

Категория местности	Характеристика
1. Плоскоравнинная	Уклоны 2—6%. Энергия рельефа незначительная (от 20 м на 5 км, до 10 м на 100 м). Выделяются мелкие возвышенности высотой 2—5 м и небольшие впадины глубиной 1—2 м. (Пример: Полесье, Барабинские и Кулундинские степи)
2. Пересеченная равнинная и всхолмленная	Уклоны скатов от 20—30 (преобладающие) до 60%. Энергия рельефа от 175 м на 5 км до 40 м на 100 м.
3. Предгорная и горная	Энергия рельефа от 500—900 м на 5 км до 300—500 м на 1 км. (Пример: Карпаты, Крым, Урал, значительная часть Восточной Сибири и Кавказа).
4. Высокогорная	Энергия рельефа от 3000 м на 5 км до 1000 м на 1 км. Средние разности высот между двумя водоразделами и тальвегами достигают 90—300 м при расстояниях между ними 200—900 м. (Пример: район Главного Кавказского хребта)

третьей категории, населенные пункты размещают только при наличии отдельных участков с энергией рельефа, близкой к энергии рельефа местности двух первых категорий. В районах четвертой категории населенные пункты не размещают.

Для размещения селитебных территорий наиболее пригодна местность с уклонами от 5 до 50%. При больших уклонах накладываются определенные ограничения на посадку и этажность зданий, а также на трассировку уличной сети. Так, при уклонах от 5 до 80% многоэтажную застройку расположить вдоль склона затруднительно; на территории с уклоном свыше 80% (до 100—150%) можно размещать лишь здания с особыми конструктивными схемами (каскадными, террасными) или малоэтажные.

В условиях сложного рельефа для детальной разработки начальных этапов проектирования генплана должен быть проведен геоморфологический анализ планируемой территории (дефектовка рельефа), позволяющий выявить территории с уклонами, меньшими или большими допустимых для размещения элементов города. При большом объеме работ по дефектовке рельефа целесообразно применять шаблоны заложений. Каждый шаблон соответствует определенному масштабу топоосновы, сечению рельефа и значениям предельных уклонов.

При более глубоком анализе условий рельефа в пределах пригодной для освоения территории выделяют участки с различной крутизной скатов. Наиболее удобно выделять территории с градацией уклонов скатов, ‰: 0—30; 30—60; 60—100; 100—150; свыше 150. Конкретные значения уклонов на участке между соседними горизонталями можно найти по палетке заложений.

#### II.3.3. СХЕМА ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКИ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА

Схема вертикальной планировки городской территории (рис. II.3.1) показывает общую техническую возможность осуществления решений генплана города по узле уличной сети с рельефом, водотоками, железнодорожными линиями, существующими инженерными сооружениями (дамбами, мостами, путепроводами и др.).

Схема вертикальной планировки города определяет: возможность отвода поверхностных вод открытым способом или необходимость устройства дождевой канализации; условия освоения территорий, требующих проведения специальных инженерных работ по их приспособлению для градостроительных целей (овраги, оползневые территории, затопляемые, с высоким уровнем грунтовых вод и др.).

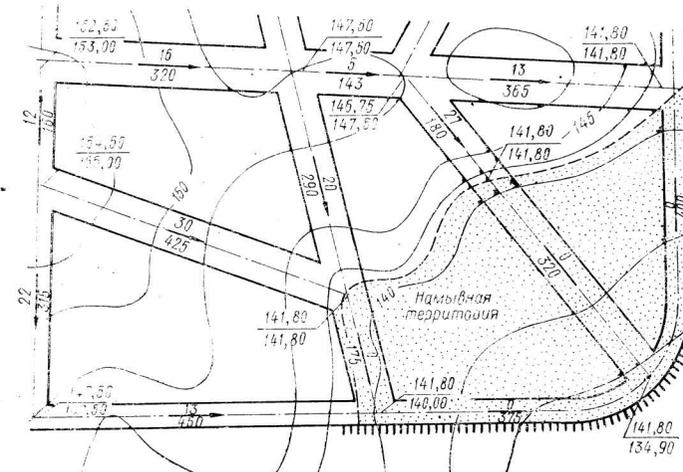


Рис. II.3.1. Схема вертикальной планировки города (фрагмент).

Выполнение перечисленных выше задач достигается двухэтапным проектированием схемы вертикальной планировки: предварительной проработкой высотного решения всей территории города или его отдельных узлов для определения возможности осуществления решений генплана; окончательным выполнением схемы вертикальной планировки.

В качестве исходных данных для разработки схемы вертикальной планировки территории города используют те же материалы, что и для проектирования генплана. Основным документом при этом является топографический план масштаба 1:5000. В случае проектирования города с населением более 500 тыс. чел. работу можно выполнять на топогеодезической подоснове в масштабе 1:10000.

Предложения по высотной организации территории города должны учитывать различные физико- и гидрогеологические процессы, протекающие на осваиваемых участках.

На этапе разработки принципиального решения генплана необходимо учитывать ряд требований: в условиях сложного рельефа (уклоны более 60‰) следует избегать жестких архитектурно-планировочных решений с прямоугольной сеткой улиц; трассировку улиц целесообразно выполнять по тальвегу; улицы большой протяженности не рекомендуется прокладывать вдоль горизонталей; территории, представляющие собой замкнутые котловины, следует осваивать под застройку лишь при устройстве закрытой системы водоотвода.

### 11.3.4. МЕТОДЫ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКИ

Вертикальная планировка улиц, автомобильных дорог, проездов и др. вытянутых в плане элементов основывается на применении метода профилей: в продольном направлении проектируют продольные, а в поперечном с частотой в зависимости от стадии проектирования и сложности рельефа — поперечные профили. Системой профилей, построенных во взаимно перпендикулярных направлениях, может быть показана и поверхность участков компактной конфигурации. Густота сетки, т. е. расстояния между линиями профилей на плане в зависимости от точности проектирования, может составлять от 10 до 50 м.

### 11.3.2. Допустимые уклоны и радиусы вертикальных кривых при проектировании проектных линий продольного профиля улиц (СНиП II-60-75\*)

Категории улиц и дорог	Наибольшее продольное уклоны, ‰	Наименьшие радиусы вертикальных кривых, м		Алгебраическая разность уклонов, ‰
		выпуклых	вогнутых	
Скоростные дороги	40	10000	2000	5 и более
Магистральные улицы и дороги: общегородского значения районного значения дороги грузового движения	50	6000	1500	7 и более
	60	4000	1000	10 и более
	40	6000	1500	7 и более
Улицы и дороги местного значения: жилые улицы улицы и дороги промышленных и коммунально-складских районов пешеходные улицы и дороги проезды	80	2000	500	15 и более
	60	2000	500	То же
	40	—	—	—
	80	—	—	—

Продольные профили проектируют по оси или лоткам улицы. Если улицы широкие и имеют несколько проезжих частей, может возникнуть необходимость разработки нескольких продольных профилей по каждой проезжей части.

Поперечные профили проектируют в направлении, перпендикулярном к оси проезжей части. Исходным материалом для проектирования служат существующие (черные) профили.

В пределах поперечных профилей указывают отметки оси проезжей части, лотков, бортовых камней, границ зеленых полос, тротуаров, красных линий, отмосток

зданий и прилегающей к улице территории на расстоянии 10—20 м от красной линии.

На продольный и поперечные профили обязательно наносят существующие подземные инженерные сети с отметками их залегания.

При проектировании проектных линий необходимо выполнять следующие условия:

соблюдать допустимые уклоны для улиц в соответствии с их категорией (табл. 11.3.2);

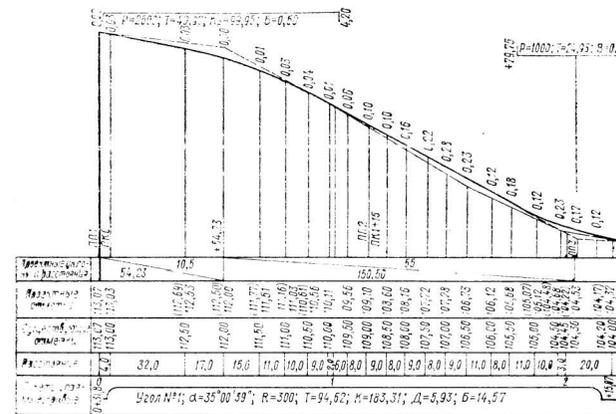


Рис. 11.3.2. Продольный профиль улицы.

сокращать объемы земляных работ (для улиц, воспринимающих сток с окружающих территорий, лучше срезка, чем подсыпка);

соблюдать допустимые глубины заложения существующих подземных коммуникаций;

учитывать пределы допустимой подсыпки или подрезки входов выходящих на улицу зданий;

достигать по возможности большего (не менее 50—100 м) шага проектирования, т. е. расстояния между переломами продольного профиля.

Для выполнения перечисленных требований целесообразно одновременно разрабатывать продольные и поперечные профили.

Проектные отметки промежуточных точек между переломами уклонов находят по формуле

$$H_B = H_A \pm il,$$

где  $H_B$  — отметка точки, м;  $H_A$  — отметка предыдущей точки, м;  $i$  — проектный уклон;  $l$  — расстояние между точками, м.

В примере, приведенном на рис. 11.3.2., отметка точки ПК0+36 (без учета поправки на вертикальную кривую) составляет:  $113,03 - 0,0105 \times 32 = 112,69$ .

### 11.3.3. Рекомендуемые сечения проектных горизонталей при различных уклонах планируемой поверхности

Сечение горизонталей, м	Уклоны поверхностей, ‰, при масштабе плана		
	1:500	1:1000	1:2000
0,10	До 10—15	До 5	—
0,20 (0,25)	Свыше 10—15	5—30	До 10
0,50	—	Свыше 30	Свыше 10

Положение точки нулевых работ находят по смежным рабочим отметкам насыпи и выемки  $h_a$  и  $h_b$  и расстоянию между ними  $L$ . Удаленность места нулевых работ от точки  $a$  определяют по формуле

$$l = \frac{h_a}{h_a + h_b} L.$$

В местах переломов проектной линии вписывают вертикальные кривые. Их можно не вписывать, когда сопрягающиеся уклоны настолько мало отличаются

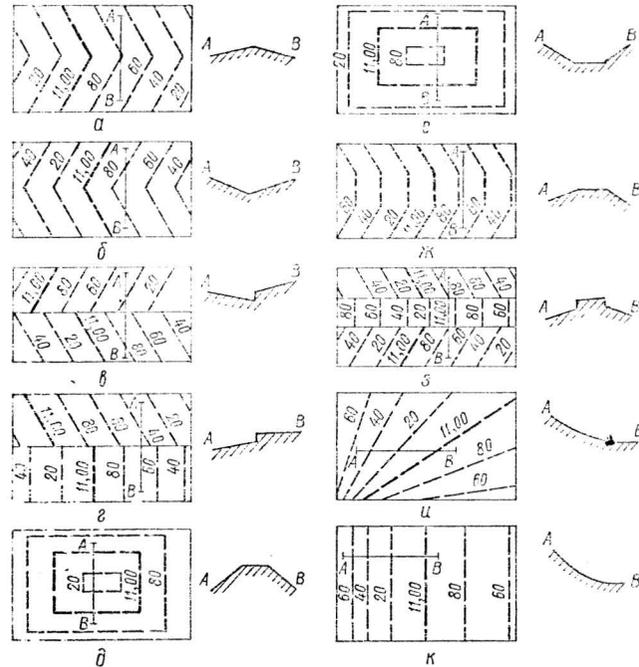


Рис. 11.3.3. Изображение горизонталями различных форм планируемой поверхности:

а — гребень (водораздел); б — тальвег (лоток); в, г — бордюр (подпорная стенка); д — холм крышеобразной формы; е — четырехскатная котловина; ж — сопряжение трех плоскостей крышеобразного профиля; з — приподнятая раздельная полоса на двухскатной поверхности; и, к — криволинейная поверхность.

друг от друга, а радиусы кривых столь велики, что поправки на кривизну оказываются ничтожно малыми (табл. 11.3.2). Параметры кривой определяют по таблицам\*, а затем рассчитывают поправки проектных отметок точек, лежащих в пределах кривой. Рабочие отметки вычисляют как разность между существующими и проектными отметками с учетом кривой.

\* Митин Н. А. Таблицы для разбивки кривых на автомобильных дорогах. — М.: Недра, 1978. — 469 с.

После определения положения проектной линии продольного профиля полностью оформляют рабочие поперечные профили. Все проектные отметки элементов поперечника рассчитывают от отметки, взятой из продольного профиля в соответствии с расстояниями между точками на поперечнике и проектными поперечными уклонами.

Для удобства пользования чертежами вертикальной планировки, выполненными методом профилей, важно четко и плетично обозначить на всех чертежах (плана, продольного и поперечного профилей) линии, по которым построены профили, и их порядковые номера.

Проектные горизонталы отражают, как правило, результаты работ по проектированию рельефа, основанные на аналитических расчетных методах, и дают наглядное и четкое представление о проектном рельефе планируемой поверхности. Густота проектных горизонталей обеспечивается соответствующим сечением горизонталей в зависимости от крутизны рельефа и масштаба плана (табл. 11.3.3).

Основные свойства горизонталей:

все точки, лежащие на одной горизонтали, имеют одинаковую и равную значению горизонтали отметку;

признаком постоянного значения уклона являются одинаковые расстояния между горизонталями;

угол, образованный горизонталью и направленный вершиной в сторону более низких отметок, обозначает гребень (рис. 11.3.3, а), а в сторону более высоких — пониженное место, лоток (рис. 11.3.3, б);

разрывы горизонталей у планировочных элементов, пересечения разноименных горизонталей обозначают вертикальную стену, высотой равную разности отметок пересекающихся горизонталей (рис. 11.3.3, в, г);

замкнутые горизонталы, concentрически расположенные одна в другой, обозначают холм (рис. 11.3.3, д) или котловину (рис. 11.3.3, е);

горизонталы, изображающие плоскость, параллельны и расположены на равных расстояниях одна от другой, а изображающие криволинейную поверхность — не параллельны (рис. 11.3.3, и) или параллельны, но имеют переменное заложение (рис. 11.3.3, к).

### 11.3. ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЗАДАЧИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКИ

Проектирование рельефа застраиваемой территории даже в очень сложных условиях можно представить в виде комплекса последовательно решаемых элементарных задач вертикальной планировки.

**Задача 1.** Нахождение отметки угла квартала при заданном высотном положении пересекающихся улиц.

Задача состоит в нахождении отметки угла квартала (точка А) при известных: отметке пересечения осей улиц; продольных уклонах примыкающих к перекрестку участков; типовых поперечных профилях улиц (рис. 11.3.4), позволяющих установить величины типовых превышений красной линии над осью проезжей части ( $h_1$  и  $h_2$ ).

**Решение.** Определяют отметку точки А исходя из типовых профилей обеих улиц. Затем на основании сопоставления двух значений отметки угла квартала находят третье, обеспечивающее допустимые уклоны на тротуарных полосах.

Отметки на оси улицы I в створе красных линий:

$$H_1 = 65,20 + 0,035 \times 12,5 = 65,64.$$

То же на оси улицы II:

$$H_2 = 65,20 - 0,022 \times 17,5 = 64,82.$$

Отметки обозначенных на рисунке точек (3—6) определены с учетом их превышений относительно осей улиц, показанных на профилях.

Используя эти же превышения, находим отметку угла А. Из профиля улицы I:  $H'_A = H_1 + h_1 = 65,64 + 0,15 = 65,79$ ; из профиля улицы II:  $H''_A = H_2 + h_2 = 64,82 + 0,22 = 65,04$ .

Если принимаем большую отметку, поперечный уклон тротуара улиц в сечении улицы II  $i_1 = \frac{65,79 - 64,90}{9,0} = 0,099$ , что превышает его допустимое значение (0,060). Поэтому отметку точки А следует определять из условия, что в сечении улицы II против угла А поперечный уклон тротуара будет максимальным:

$H_A = 64,90 + 0,060 \times 9,0 = 65,44$ .  
 Поперечный уклон тротуара в сечении улицы I, направленный в сторону точки A,  $i_t = \frac{65,44 - 65,64}{10} = -0,020$ , является допустимым как по величине, так и по направлению, ибо в данном случае в пределах перекрестка продольный уклон изменяется на  $90^\circ$ .

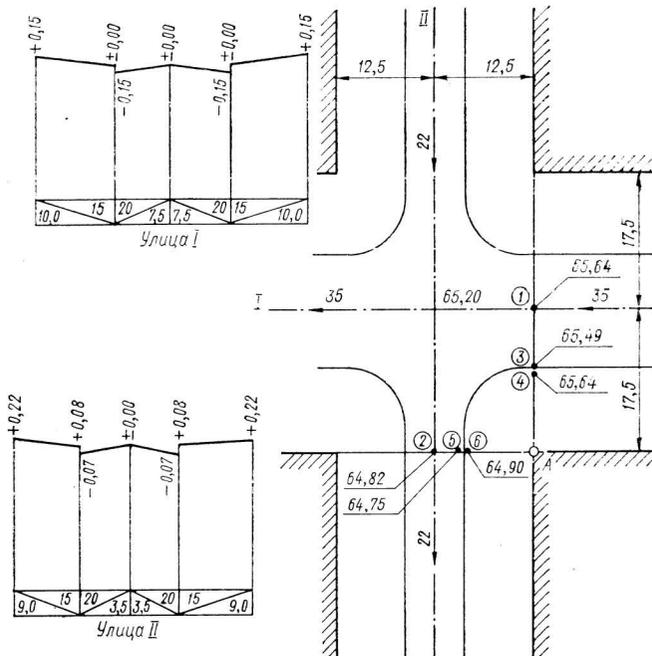


Рис. 11.3.4. Нахождение отметки угла квартала.

Данная задача встречается при разработке проектов детальной планировки районов города.

**Задача 2.** Проектирование проектных горизонталей на площадке при известных проектных отметках точек по ее контуру (рис. 11.3.5).

Задан контур площадки с известными отметками вершин и длинами сторон.  
**Решение.** Горизонтали проводят соединяя точки на прямых с одинаковыми отметками. Отметка на линиях, ограничивающих отдельные площадки, определяют на основании проектирования профилей либо аналитически исходя из конкретных условий.

Данный способ построения горизонталей может оказаться удобным при проектировании площадей, отдельных площадок внутриквартальных территорий, а также широких улиц при различных продольных и переменных поперечных уклонах отдельных элементов их поперечного профиля.

**Задача 3.** Построение проектных горизонталей на площад-

ке, имеющей уклоны в продольном и поперечном направлениях (рис. 11.3.6).

**Решение.** Сущность проектирования горизонталей состоит в том, что в пределах участка с неизменными уклонами строят одну горизонталь (21,60 на рисунке), а другие проводят параллельно построенной через заранее найденные точки

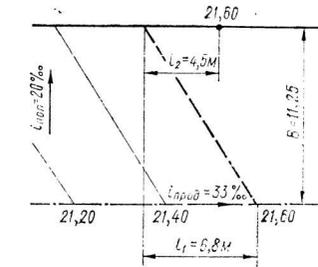
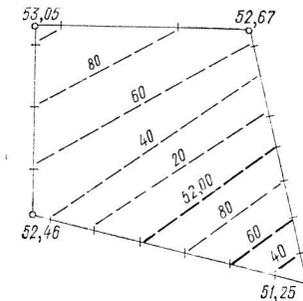


Рис. 11.3.5. Построение горизонталей на площадке с известными отметками угловых точек.

Рис. 11.3.6. Построение горизонталей на площадке, имеющей продольный и поперечный уклоны.

на одной из продольных сторон. Величина отклонения  $l_1$  горизонтали от перпендикуляра к продольной стороне определяется по формуле

$$l_1 = \frac{B i_{\text{поп}}}{i_{\text{прод}}}$$

где  $B$  — ширина площади, м;  $i_{\text{поп}}$ ,  $i_{\text{прод}}$  — значения поперечного и продольного уклонов.

В приведенном на рисунке примере  $l_1 = \frac{11,25 \cdot 0,020}{0,033} = 6,8$  м.

Такой способ построения горизонталей применяется при вертикальной планировке городских улиц, где проезжей части и тротуарным полосам придаются продольные и поперечные уклоны. Но следует иметь в виду, что расчетная формула справедлива лишь при неизменных в пределах участка значениях уклонов.

**Задача 4.** Определение места выхода горизонтали на верх бортового камня.

**Решение.** Расстояние от горизонтали в лотке у бортового камня до места ее выхода наверх ( $l_2$  на рис. 11.3.6) при уклоне лотка  $i_n$  и высоте борта  $h_6$  находят по формуле

$$l_2 = \frac{h_6}{i_n}$$

В приведенном примере уклон по лотку равен уклону оси, поэтому  $i_n = i_{\text{прод}} = 0,033$ . При высоте бортового камня 0,15 м имеем:

$$l_2 = \frac{0,15}{0,033} = 4,5 \text{ м.}$$

**Задача 5.** Построение заложений откосов (рис. 11.3.7).

На границе планировочных работ сопряжение спланированной поверхности с существующей обеспечивается чаще всего устройством откосов. Величина заложения откосов зависит от их высоты и крутизны. Крутизна откосов выемок глубиной до 12 м и насыпей до 6 м в глинах, суглинках, сугесях и песках обычно принимается 1:1,5.

**Решение.** Для построения откоса на плане необходимо определить разность отметок точек (А — Е на рисунке) на линии стыковки поверхностей разного уровня, т. е. высоту откоса. Заложение откоса в каждой точке определяют умножением его высоты на крутизну.

Отрезки заложений в масштабе плана откладывают от линии раздела в перпендикулярном направлении. Соединяя линиями их концы, получают границу от-

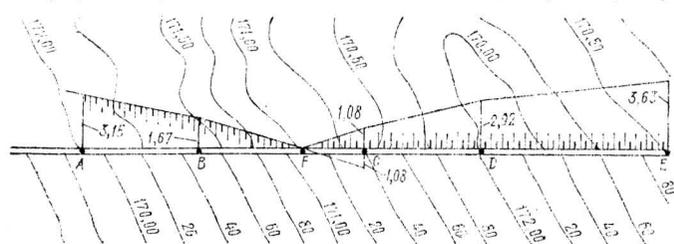


Рис. П.3.7. Построение заложений откоса.

коса. Проектные горизонтали в пределах откосов не показывают. Если сопряжение площадок осуществляется подпорной стеной, по линии раздела двумя линиями показывают ее плановое решение и выносят отметки верха и подошвы стены в характерных точках по ее трассе. Разность отметок определяет высоту стены в данной точке.

Иногда требуется разместить откос в пределах некоторой полосы постоянной ширины (например, в полосе уличного озеленения). Тогда откос будет иметь неизменное заложение, но переменную крутизну, которая не должна быть более предельной. Достаточность ширины полосы для размещения откоса определяется в месте его наибольшей высоты. В том месте, где из-за большой высоты заложение не вмещается в отведенную полосу, устраивают откос предельной крутизны. Но так как его высота при этом недостаточна, откос дополняется подпорной стеной таким образом, чтобы их суммарная высота соответствовала требуемому перепаду отметок.

### П.3.6. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКИ

При проектировании рельефа на значительной территории при его большой изрезанности необходимо выполнять большое число однотипных простейших вычислительных операций. Можно значительно облегчить эту работу, используя некоторые несложные приспособления в виде палеток и номограмм.

Палетка для градуирования прямой — семейство параллельных линий, проведенных на прозрачной основе (лучше всего на прозрачной миллиметровке) на равных расстояниях одна от другой. Для удобства работы каждую пятую сплошную линию, соответствующую метровой горизонтали, делают утолщенной, проводя между сплошными линиями пунктирные, отделяющие 10-см интервалы отметок.

Спиральная номограмма В. М. Стажкева (рис. П.3.8 на с. 40—41) позволяет, не прибегая к вычислениям, решать различные задачи вертикальной планировки. Расходящиеся от центра номограммы радиусы представляют собой величины заложений при соответствующих значениях уклонов и перепадах высот между точками (спиральные кривые). Величину заложения можно определить откладывая измерителем расстояние от центра номограммы по соответствующему радиусу до его пересечения с определенной кривой. Поскольку при больших уклонах величина заложения сокращается, для достижения большей точности к спиральной номограмме добавлена специальная шкала для уклонов свыше 10%.

Пользуясь номограммой, можно решать следующие задачи.

1. Определение заложений между горизонталями. Измеряем длину радиуса, соответствующего заданному уклону, от центра номограммы до его пересечения с кривой, соответствующей сечению горизонталей (при

$i \leq 10\%$ ). При больших уклонах измеряем длину соответствующего перпендикуляра на дополнительной шкале. Измеренное расстояние переносим на план.

2. Определение расстояния на плане от точки с известной отметкой до ближайшей горизонтали. Решение аналогично решению предыдущей задачи, только при этом кривая должна соответствовать не сечению горизонталей, а разнице по высоте между отметками точки и некоторой горизонтали.

3. Определение уклона по расстоянию между горизонталями. Измеритель с раствором ножек, равным величине заложения, вращаем вокруг центра номограммы до пересечения с кривой, соответствующей сечению горизонталей. Значения уклона находим по радиусам. Если заложение невелико и пересечения с кривой не достигнуто, ищем значение уклона, передвигая измеритель вдоль дополнительной шкалы.

4. Определение отклонения горизонтали от перпендикуляра к оси улицы. Ищем точку пересечения радиуса, соответствующего продольному уклону улицы, с кривой, соответствующей перепаду высот между осью улицы и лотком. Длина отрезка от этой точки до центра номограммы и есть искомое расстояние.

## Глава 4. ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА ЭЛЕМЕНТОВ УЛИЧНОЙ СЕТИ

### П.4.1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ВЫСОТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ УЛИЦ

Проектирование вертикальной планировки улиц осуществляется как в составе проектов планировки городских территорий (генплана города, проекте детальной планировки, проекте застройки микрорайона, квартала), так и в составе рабочих проектов строительства (реконструкции) улиц, площадей, дорожно-транспортных сооружений.

В схеме вертикальной планировки к проекту детальной планировки указывается высотное положение не только улиц, но и всей внутриквартальной территории (в сложных условиях и при сплошном преобразовании рельефа — в проектных горизонталях): устанавливаются отметки на красных линиях, детализируются отметки осей улиц, а также уклоны и расстояния между переломными точками продольного профиля. Необходимость решения вопросов отвода поверхностных вод требует показа на чертежах водоотводящих сооружений и устройств: открытых лотков и кюветов, водопропускных труб, дождевых коллекторов.

Проезжая часть улиц чаще всего имеет двускатный выпуклый поперечный профиль. Вогнутый поперечный профиль применяется только на нешироких внутриквартальных проездах. Односкатный поперечный профиль может быть придан проезжим частям с разделительной полосой (при количестве лент движения не более трех), местным и внутриквартальным проездам. Для обеспечения возможности подтекания воды в лоток проезжей части его отметки должны быть ниже отметок межмагистральной территории. Исключение может составлять проезжая часть транзитных проездов магистральных улиц и дорог скоростного движения, поверхность которой может быть выполнена независимо от отметок окружающей территории при использовании лотков местных проездов для водоотвода.

Выпуклый двускатный профиль проезжей части может иметь крышеобразное, полигональное или параболическое очертание. Однако типовое очертание поперечника проезжей части улицы не может оставаться неизменным на всем ее протяжении. В ряде случаев для увязки поверхностей пересекающихся улиц, обеспечения удобства движения на кривых малых радиусов в плане и организации водоотвода необходимо осуществлять постепенный переход от одного очертания поперечника проезжей части к другому (чаще от двускатного к односкатному и наоборот), т. е. выполнять ее размотку.

### П.4.2. СПОСОБЫ РАЗМОТКИ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ

При переходе от двускатного поперечного профиля к односкатному проезжая часть с уклонами, направленными от оси к лоткам, постепенно преобразуется в односкатную с поперечным уклоном в сторону фокуса кривой (на вirage) или в сторону продольного уклона пересекающей улицы (на перекрестке).

Размостку осуществляют придавая на участке перехода различные продольные уклоны правому и левому лоткам проезжей части. Разница их значений и определяет длину размостки (рис. П.4.1.)

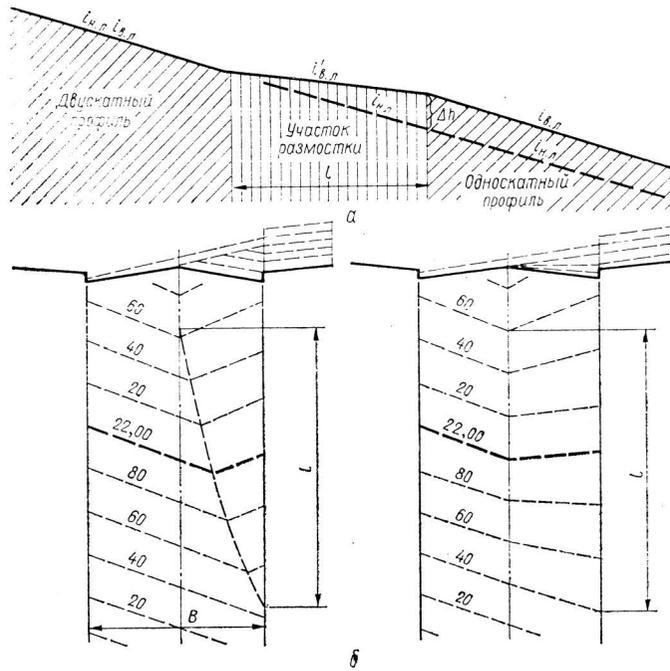


Рис. П.4.1. Вертикальная планировка поверхности проезжей части в пределах участка размостки:  
а — продольный профиль по лоткам проезжей части; б — переход от двускатного профиля к односкатному с изменением величины поперечного уклона.

При продольных уклонах 20% и более длина размостки

$$l = \frac{B i_{\text{поп}}}{0,2 i_{\text{прод}}};$$

при продольных уклонах менее 20%

$$l = \frac{B i_{\text{поп}}}{0,004};$$

где  $B$  — ширина проезжей части, м;  $i_{\text{поп}}$  — поперечный уклон односкатной проезжей части;  $i_{\text{прод}}$  — продольный уклон по оси проезжей части.

На улицах с уклонами, близкими к максимально допустимым, при длине размостки, вычисленной по приведенным выше формулам, уклон верхнего лотка не

превышает значения предельного продольного уклона улицы, значимость которой на одну категорию ниже проектируемой.

При проектировании размостки можно пользоваться номограммой, приведенной на рис. П.4.2.

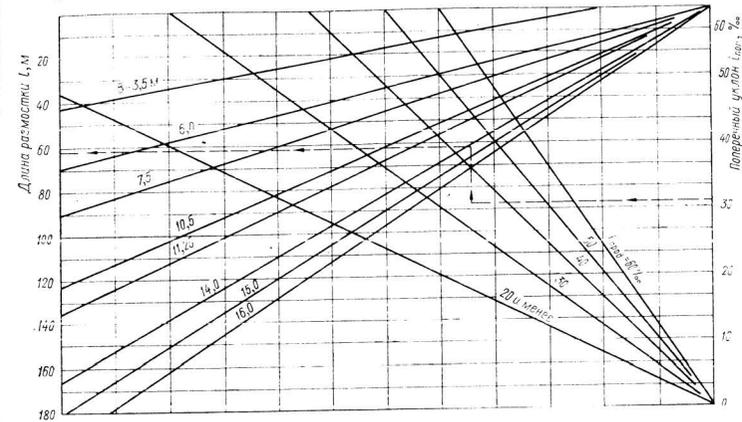


Рис. П.4.2. Номограмма для определения длины размостки.

#### П.4.3. ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА ПЕРЕКРЕСТКОВ УЛИЦ

Сопряжение в пределах перекрестков двух чаще всего крышеобразной формы поверхностей проезжих частей влечет за собой преобразование хотя бы одной из них в форму, отличную от типовой. При вертикальной планировке перекрестков необходимо обеспечить выполнение двух основных требований: обеспечить удобства для движения транспорта и пешеходов (плавность изменения уклонов, значения уклонов менее предельных) и создать условия для отвода вод, подтекающих к перекрестку по уличным лоткам.

Конкретная реализация этих требований достигается соблюдением следующих условий.

А. При пересечении улиц разной категории поперечник главной улицы в пределах перекрестка остается без изменения. Поперечник второстепенной улицы при подходе к перекрестку преобразуется из двускатного в односкатный с поперечным уклоном, равным продольному главной улицы, т. е. осуществляется сопряжение в лоток главной улицы.

Б. При пересечении улиц равной значимости улица с меньшим продольным уклоном «подчиняется» профилю ее пересекающей (сопряжение в лоток) либо профили обеих улиц преобразуются в односкатные, соответствующие уклону площадки перекрестка, т. е. поверхности, общей для обеих улиц (сопряжение в ось).

В. Улицу, по которой проходит полотно трамвая, следует рассматривать как главную.

Г. Следует по возможности избегать прокладки поперечного водопроводящего лотка на магистральной улице.

Д. Нельзя допускать образования бессточных мест на перекрестках, где не предусматривается устройство закрытого водостока.

Проектирование улиц обычно осуществляется методом продольного и поперечных рабочих профилей. При проектировании перекрестков используется метод проектных горизонталей.

При вертикальной планировке перекрестка, размещенного на вершине холма (рис. П.4.3), пересекающиеся улицы сопрягаются в гребень. Точки одноименных горизонталей, найденные на осях улиц в соответствии с уклонами и отметкой

центра, в пределах пространства соединяются друг с другом и образуют двускатные поверхности проезжих частей улиц.

На перекрестке, где одна из улиц проходит по гребню, лишь на одном из четырех пересекающихся участков уклон направлен к перекрестку (рис. II.4.4). Отметка центра перекрестка является сопрягающей для продольных профи-

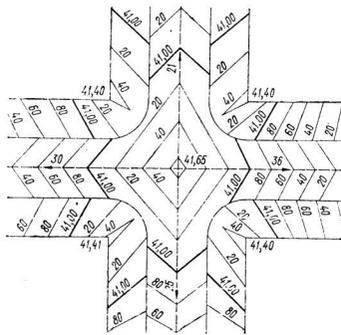


Рис. II.4.3. Вертикальная планировка перекрестка с размещением его на вершине холма.

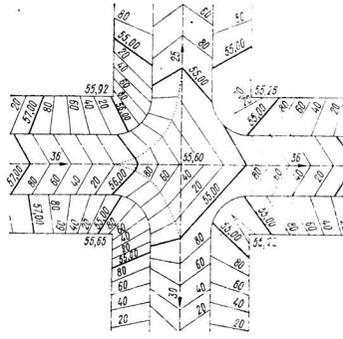


Рис. II.4.4. Вертикальная планировка перекрестка, одна из улиц которого проходит по гребню.

лей обеих пересекающихся проезжих частей. Гребень выходящей на перекресток улицы разделяется по трем направлениям. При этом поперечный профиль улицы, идущей по гребню, в пределах перекрестка изменяется незначительно. Водоотвод обеспечивается без особых трудностей: вода из лотков, направленных к перекрестку, следует вдоль закругления бортового камня в лотки пересекающей улицы.

При прохождении одной из улиц перекрестка по тальвегу планировочное решение его поверхности зависит от значимости улиц. Если по тальвегу трансируется главная улица, ее поперечный профиль в пределах перекрестка не изменяется

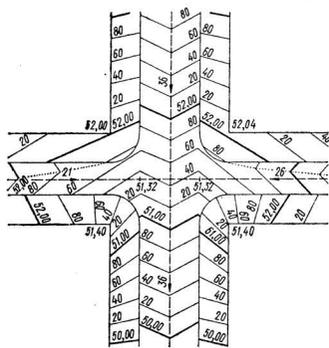


Рис. II.4.5. Вертикальная планировка перекрестка, главная улица которого проходит по тальвегу.

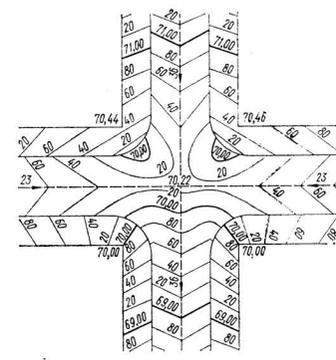


Рис. II.4.6. Вертикальная планировка перекрестка по тальвегу при наличии дождевой канализации.

(рис. II.4.5). Размостка улиц, проходящих по склонам тальвега, в односкатный профиль осуществляется посредством смещения гребня в сторону более высокой отметки. Оси этих улиц увязываются с отметками лотков главной улицы (отметка 51, 32 на рис. II.4.5). Водоотвод осуществляется через второстепенную улицу по поперечным лоткам, служащим продолжением лотков главной улицы. Поперечные

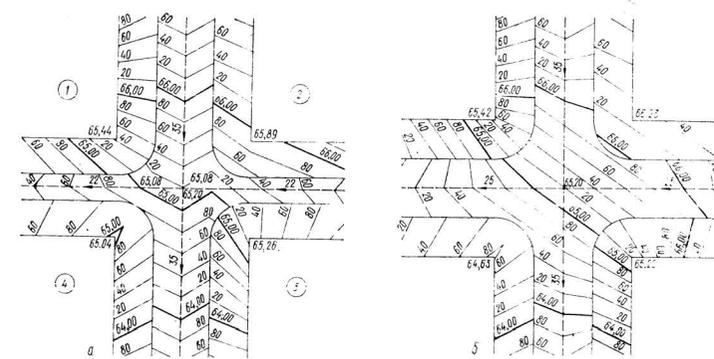


Рис. II.4.7. Вертикальная планировка перекрестка, расположенного на склоне: а — одна из улиц главная; б — улица равного значения.

лотки не только пропускают стекающую по тальвегу воду, но и собирают сток с лотков улиц, проложенных по склону тальвега.

Если в указанных условиях пересекаются улицы равного значения, поперечные лотки устраивать не рекомендуется. Для размостки поверхности и максимального сохранения в пределах перекрестка поперечных сечений всех четырех направлений следует уменьшить продольный уклон улиц. При этом в верхней части поверхности перекрестка образуются два замкнутых пониженных участка, куда направляется сток с «верховых» лотков пересекающихся улиц (рис. II.4.6). Подобный прием может быть применен лишь при наличии закрытой водосточной сети.

Наиболее часто встречается случай размещения перекрестков на склонах, когда пересекающиеся улицы протрансированы под углом к направлению наибольшего ската. В приведенном на рис. II.4.7, а примере одна из улиц главная. Верховая часть второстепенной улицы сопрягается в лоток главной. Ось ее низового луча также сопрягается в отметку точки ее пересечения с линией продолжения лотка главной (отметка 65, 08). При пересечении в подобной ситуации улиц равного значения поверхность перекрестка проектируется в виде односкатной плоскости, наклоненной в сторону наибольшего ската (рис. II.4.7, б). Размостка проезжих частей всех улиц в односкатный профиль производится с уклоном, соответствующим наклону центральной площадки в направлении, перпендикулярном к оси размываемой улицы.

Крайне неудобен случай размещения перекрестка в замкнутой котловине, когда уклоны всех улиц направлены к его центру (рис. II.4.8). Для удобства сбора воды с лотков центральная часть перекрестка должна быть приподнята так, чтобы образовались четыре замкнутых пониженных участка у закруглений бортовых камней. Вода из лотков проезжей части через дождеприемные колодцы, установленные в понижениях, отводится закрытыми водостоками.

Высотная организация проезжей части улиц определяет три следующих направления продольных уклонов на тротуарных частях перекрестка.

А. Направление уклона тротуара сохраняется неизменным после его поворота на пересекающую улицу (тротуары в секторах 1 и 3 на рис. II. 4. 7, а). По мере подхода к перекрестку со стороны более высоких отметок поперечный уклон тротуара уменьшается, а затем изменяется на противоположный. В результате этого тротуар постепенно приобретает уклон, харак-

терный для типового сечения пересекающей улицы. Изображенная на рисунке поверхность имеет веерообразное очертание. Однако при продольных уклонах обеих пересекающихся улиц, близких к максимальным, уклон у красных линий может оказаться так велик, что потребуются устройство откосов (подпорных стен) для сопряжения с поверхностью квартала, а также лестниц на тротуарных дорожках. Иногда устрой-

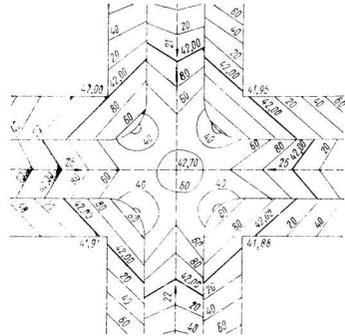


Рис. II.4.8. Вертикальная планировка перекрестка, расположенного в котловине.

ства лестниц на улицах удается избежать благодаря смещению тротуарной дорожки в пределах тротуарной полосы ближе к бортовому камню, где продольные уклоны более пологие по сравнению с красными линиями.

Б. Продольные уклоны направлены к перекрестку (сектор 2 на рис. II.4.7, а). Поскольку результирующий уклон тротуарной части у закругления бордюра направлен в сторону лотка проезжей части, наклон плоскости в наибольшей степени соответствует типовому наклону тротуаров обеих пересекающихся улиц. По мере удаления от перекрестка осуществляется только плавное приближение поперечных уклонов до принятых в типовых решениях значений (графически — плавное изменение наклона горизонталей до типового).

#### II.4.4. ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА УЛИЦ, НЕ ИМЕЮЩИХ ПРОДОЛЬНЫХ УКЛОНОВ

В. Продольные уклоны направлены в сторону от перекрестка (сектор 4 на рис. II.4.7, а). Для придания тротуарам профиля, соответствующего типовым решениям, в пределах тротуарной полосы предусматривается устройство гребня в направлении от угла квартала к середине закругления бортового камня. Гребень может быть наклонен в сторону проезжей части. Такое решение обеспечивает получение для тротуарной полосы нормального поперечного уклона.

На безуклонных участках значительной протяженности (городских набережных, улиц городов степной зоны и др.) отвод поверхностных вод обеспечивается устройством лотков пилообразного профиля путем изменения высоты бортового камня: от минимальной 10—12 до максимальной 18—20 см (рис. II.4.9). В пониженных местах размещают дождеприемные колодцы. При этом ось улицы, верх бортового камня, красные линии на плане продольного уклона не имеют. Тротуарные полосы на таких улицах имеют лишь поперечный уклон в сторону лотков проезжей части, поверхности которой придают переменный поперечный уклон с минимальными значениями в водораздельных сечениях (I—I на рисунке) и максимальными в сечениях дождеприемников (II—II).

Модификацию описанного выше метода планировки улиц применяют при реконструкции автомобильных дорог, проходящих через населенные пункты на безуклонных участках и преобразуемых в городские улицы. При этом проезжая часть сохраняет постоянный поперечный уклон, а для отвода воды достраивают полосы с пилообразными лотками у бортовых камней.

Несмотря на относительно небольшие колебания отметок дорожной одежды по ходу движения (по крайней полосе до 10 см на 25-м отрезке пути) пилообразный профиль лотка и переменные поперечные уклоны неприемлемы для дорог со скоростным движением. В таких случаях должен быть устроен пилообразный профиль всей поверхности улицы: ось улицы, лоток, бортовые камни, тротуары проектируют с минимальными уклонами при шаге проектирования до 200—300 м.

#### II.4.5. ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА ПЛОЩАДЕЙ

При вертикальной планировке площадей помимо создания удобств движения транспорта и пешеходов и организации водоотвода необходимо учитывать условия зрительного восприятия пространства.

Высотная организация поверхности площади во многом определяется ее естественным рельефом. Наиболее лучшие условия для планировки обеспечиваются при уклонах территории не более 10—15‰.

Площади прямоугольной конфигурации целесообразно проектировать в виде двускатной поверхности с гребнем, ориентированным на ось главной

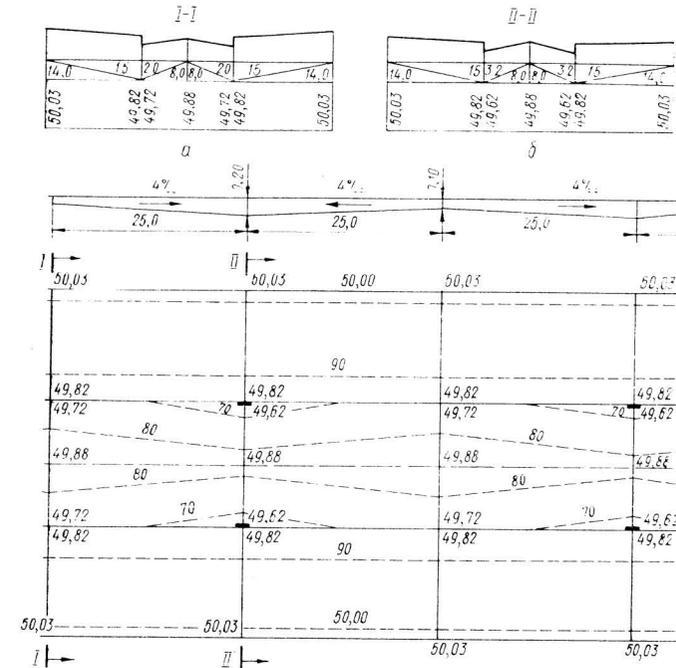


Рис. II.4.9. Вертикальная планировка улицы с лотками пилообразного профиля: а, б — поперечный профиль; ниже — разрез по лотку и план.

улицы, которая выходит на площадь или на главенствующее здание. В соответствии с естественным рельефом гребень может иметь уклон.

Небольшие площади, расположенные на территориях с выраженным рельефом, могут иметь одну скатную поверхность с наклоном по линии естественного ската. Если пространство площади предполагается использовать для пешеходного движения, островки зеленых насаждений, пешеходные дорожки и малые архитектурные формы позволят скрыть недостатки рельефа, а также разность отметок противоположных сторон площади.

В тех случаях, когда отдельные зоны площади не нуждаются в транспортной связи и устройство транспортного проезда необязательно, при значительных уклонах (30‰ и более) площадь проектируют в виде террас, сопрягаемых откосами, подпорными стенами и лестничными сходами.

В ряде случаев продольные профили выходящих на площадь магистралей и отметки существующей застройки во многом определяют решение вертикальной планировки площади. При этом на план остается лишь вынести фиксированные

отметки по краям проектируемой поверхности (или участков поверхности) и установить их высотное расположение.

Проектирование площадей осуществляется проектными горизонталями чаще всего с применением метода профилей. Построенные по характерным направлениям площади профили позволяют не только полное изобразить реальный рельеф территории и учесть отметки, которые должны остаться неизменными при вертикальной планировке, но и наметить принципиальное решение поверхности, получив набор проектных отметок для построения проектных горизонталей.

При проектировании площадей с кольцевым движением организация поверхности кольцевого проезда и собственно кольца практически полностью зависит от высотного решения вливающих в кольцо улиц. По направлениям уклонов от точек пересечения осей улиц и кольцевого проезда можно представить поверхность всей площади и в соответствии с отметками по оси проезда наметить продольные уклоны по кольцу. Для удобства водоотвода кольцевому проезду целесообразно придавать поперечный уклон в направлении к тротуарам.

Вертикальная планировка проезжей части позволяет изобразить проектными горизонталями и поверхность кольцевого островка. Для этого по величине его возвышения над проезжей частью определяют места выхода горизонталей на бортовой камень, соединяя точки одноименных горизонталей и придавая поверхности желаемую форму.

После проектирования поверхности проезжей части аналогичным способом планируют поверхность других элементов площади: направляющих островков, обособленного полотна трамвая, разделительных полос и др.

При проектировании площадей с транспортными развязками в разных уровнях основное решение поверхности получают методом профилей, так как в этом случае обеспечиваются необходимые габариты сооружений и уклоны пересекающихся магистралей и съездов развязок. Принципиальные решения, полученные методом профилей, детализируют на плане посредством проектных горизонталей.

Вертикальную планировку проезжей части и тротуарных полос выполняют теми же методами, что и вертикальную планировку перекрестков. Учитывая разность уровней отдельных элементов транспортных развязок, в соответствии с проектными горизонталями проектируют сопрягающие откосы.

#### 11.4.6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКЕ УЛИЦ

Объем земляных работ — один из основных показателей достоинств проекта вертикальной планировки при вариантном проектировании.

Объем земляных работ при вертикальной планировке улиц подсчитывают по поперечным профилям. Общий объем работ (раздельно для насыпей и выемок) определяют как сумму объемов работ по участкам между смежными профилями:

$$V_{н,в} = \sum V'_{н,в}$$

где  $V_{н,в}$  — общий объем земляных работ (насыпи, выемки), м<sup>3</sup>;  $V'_{н,в}$  — объем земляных работ на отдельном участке, м<sup>3</sup>.

Объем работ на отдельном участке улицы определяют по площади фигур выемки и насыпи на смежных поперечниках. Для этого в пределах каждого поперечника по рабочим отметкам вычисляют сумму площадей элементарных фигур (трапеций, треугольников), ограниченных соседними рабочими отметками (насыпи  $F_n$  и выемки  $F_v$ ). Так как рабочие отметки на профилях обычно подсчитывают для верха покрытия, при определении площадей элементарных фигур следует вносить поправки в рабочие отметки на глубину корыта дорожной одежды.

Для предварительных расчетов допускается вводить поправку на глубину корыта. С этой целью определяют объем корыта по всей длине улицы в насыпи и выемке, ориентируясь по продольному профилю и соответственно уменьшая и увеличивая общие объемы насыпи и выемки.

Объем работ на участке определяют как произведение среднего из значений по двум поперечникам площади насыпи (выемки) на расстояние между поперечниками:

$$V'_{н,в} = \frac{F_{н,в}^n + F_{н,в}^{n+1}}{2} l,$$

где  $F_{н,в}^n, F_{н,в}^{n+1}$  — площади поперечных сечений выемок или насыпей начального и конечного профилей участка, м<sup>2</sup>;  $l$  — расстояние между профилями, м.  
Результаты расчетов вносят в ведомость объемов земляных работ.

## Глава 5. ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА МЕЖМАГИСТРАЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

### 11.5.1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ МЕЖМАГИСТРАЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Цели вертикальной планировки межмагистральной территории: обеспечить отвод поверхностных вод на окружающие улицы; определить уклоны внутриквартальных проездов, которые бы не усложняли свободного подъезда местного автотранспорта к застройке; свести к минимуму объем земляных работ и по возможности оставить без изменения существующие отметки; по возможности сохранить слой растительного грунта; создать наиболее удобные условия для размещения на территории зданий и сооружений; подчеркнуть эстетические особенности рельефа.

#### 11.5.1. Типы рельефа по степени сложности для проектирования вертикальной планировки территории жилых микрорайонов

Тип рельефа	Характеристика рельефа	Объем земляных работ, м <sup>3</sup> /га	Стоимость земляных работ, р./м <sup>2</sup> жилой площади
Простой	Равнинные нерасчлененные участки. Равномерный уклон по территории не менее 5, на северных и южных склонах не более 50‰	800—1100	0,15—0,30
Относительно простой	Равнинные участки с незначительной волнистостью. Равномерный уклон по территории не менее 5, на северных и южных склонах не более 50‰	1100—1600	0,20—0,40
Осложненный	Участки с незначительной холмистостью в виде отдельных бугров, котловин, тальвегов и др. с относительными превышениями не более 2 м на площади менее 50% территории микрорайона. Средний уклон территории не менее 5‰	1600—3600	0,30—0,75
Сложный	Более 50% территории составляют участки с холмами, западинами, оврагами и др. или участки с очень малыми уклонами при наличии бессточных понижений рельефа	Свыше 3600	Свыше 0,75

Увязка плана красных линий с межмагистральной территорией в высотном отношении производится на стадии проекта детальной планировки. Основой для проектирования поверхности территории служат проектные отметки внутриквартальных проездов.

Внутриквартальные проезды должны обеспечивать сток поверхностных вод в лотки улиц, поэтому их отметки должны быть выше отметок лотка. Поверхностный сток обеспечен, если продольные уклоны внутриквартальных проездов составляют не менее 4‰ (на асфальтобетонном покрытии). Максимальные уклоны могут достигать 100‰. При больших размерах межмагистральной территории водосточную сеть проектируют в ее пределах с отводом воды через внутриквартальные проезды к дождеприемным колодцам.

Внутриквартальные проезды могут иметь двускатный вогнутый, выпуклый или одностатный поперечный профиль с уклонами 20—40 для дву- и 10—40‰ для одностатного профиля. Преимущества двускатного вогнутого профиля — отсутствие бортовых камней, формирующих лоток, и возможность легко производить размо-

ку при выходе проезда на улицу. Двускатный выпуклый профиль может быть рекомендован для устройства главных проездов с двухполосным движением при условии ввода на внутриквартальную территорию ветки водосточной сети.

Объем работ по вертикальной планировке и их стоимость зависят от степени сложности рельефа (табл. II.5.1).

Проект вертикальной планировки территории для застройки микрорайонов должен содержать:

план в масштабе 1 : 500—1 : 1000, на котором в проектных горизонталях показан проектный рельеф (рис. II.5.1); черные и красные отметки точек переломов уклонов по осям проездов и площадок; уклоны и расстояния их действия; откосы,

подпорные стены, лестницы и пандусы; черные и красные отметки углов и входов в здания; отметки пола первого этажа;

поперечные профили по основным планировочным осям, выполненные в масштабе плана, с линиями существующей и проектной поверхности, контурами зданий по наружным граням стен; данные о высотной организации рельефа в рассматриваемом сечении (уклоны, расстояния, откосы и подпорные стены, черные, красные и рабочие отметки);

продольные профили по осям проездов и красным линиям с указанием пикетажа, уклонов и расстояний, черных, красных и рабочих отметок; картограмму земляных работ (рис. II.5.2).

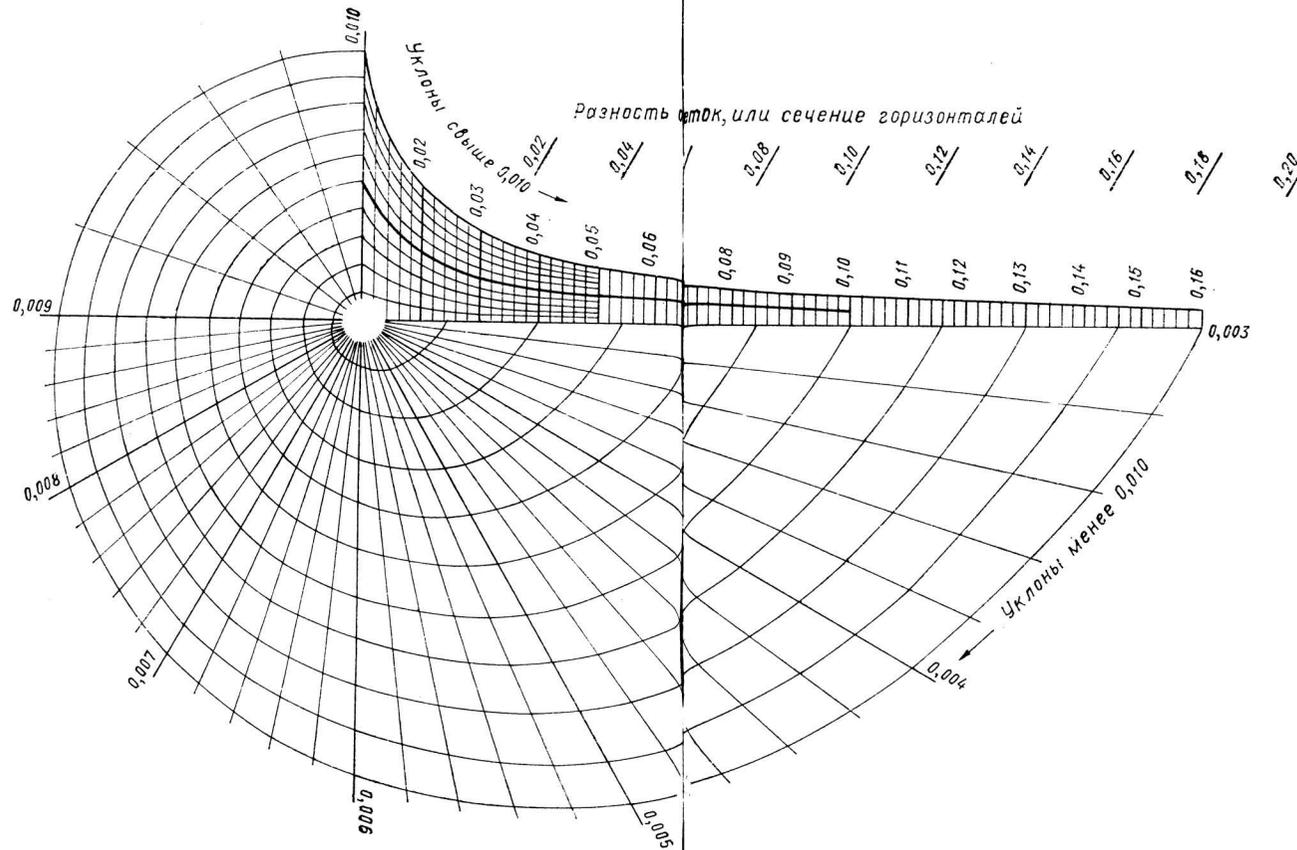


Рис. II.3.8 (к стр. 30). Спиральная номограмма В. М. Станкеева для работ  
Цифры на спиралях (кривых) соответствуют разности отметок по высоте, цифры на кривой равны величине заложения в масштабе 1 : 500.

на топопланах масштаба 1 : 500.  
на радиусах — величине уклонов. Длина радиусов (перпендикуляров) от центра до



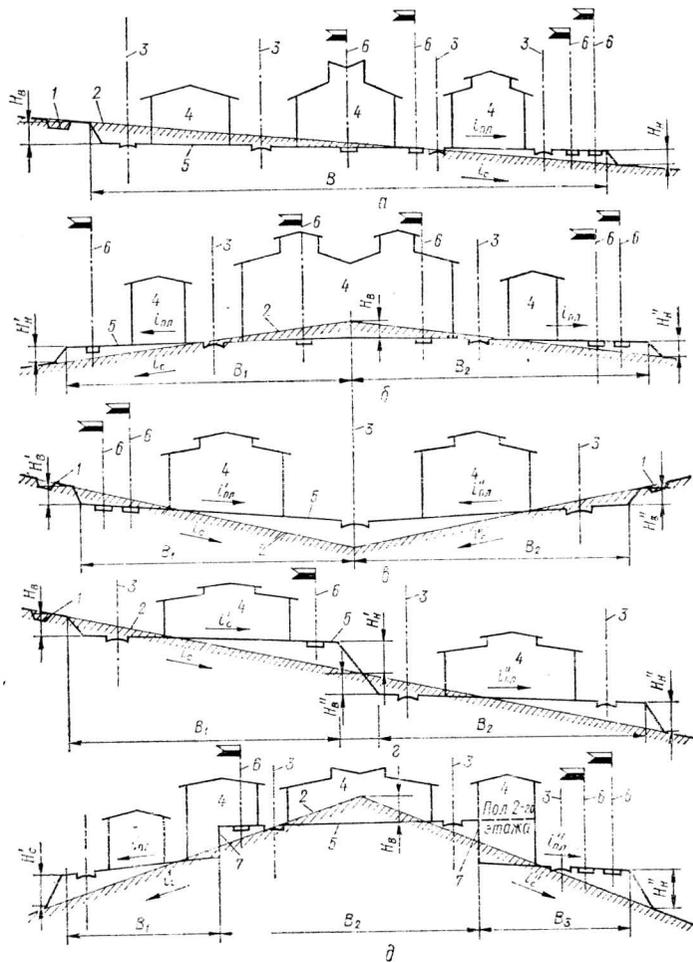


Рис. 11.5.3. Планировочные профили промышленной территории:  
 а - в - бестеррасный; с, д - террасный (1 - нагорная канава; 2 - существующий рельеф; 3 - ось автодорог; 4 - производственное здание; 5 - проектная поверхность; 6 - ось железнодорожных путей; 7 - подпорная стенка).

вертикальная планировка которых осложняется наличием железнодорожных путей и большой шириной производственных зданий, необходимость террасирования часто возникает и при менее крутых склонах (рис. 11.5.3).

Наиболее эффективным приемом вертикальной планировки территорий жилых микрорайонов является частичная планировка, когда на большей ее части сохраняется естественный рельеф, а его преобразование предусматривается преимущественно в зоне застройки. При этом рациональное относительно рельефа расположение зданий и сооружений, правильный выбор их типа помогут свести к минимуму объем земляных работ на таких участках.

При вертикальной планировке отдельных участков территории важно не только добиться минимума работ, но и равенства объемов выемки и насыпи, что позволит избежать необходимости перевозки грунта.

### 11.5.3. ВЫСОТНАЯ ПРИВЯЗКА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Индустриальные методы возведения зданий (сооружений) и использование типовых проектов требует устройства площадок под здания (сооружения) с минимальными перепадами высот по углам. Между тем направление уклона не всегда совпадает с посадкой здания, что зависит как от архитектурно-пространственного решения застройки, так и от др. факторов (требований инсоляции, проветривания или ветрозащиты и т. д.).

При посадке зданий предельная высота откосов в насыпи определяется высотой фундаментов, уменьшенной на 0,5 м (но не более 1,8 м для глубоких фундаментов). Высота откоса при врезке в склон достигает 1,5—1,8 м.

Ширина выравниваемой площадки под здание при подсыпке обычно равна его ширине с учетом откосов. Врезка в склон требует большей ширины площадки для обеспечения необходимой обзорности из окон и размещения подоткосных лотков (ширина полосы от стен зданий до откоса может достигать 5 м).

Для прокладки рельсовых путей в период строительства здания (сооружения) границу откоса смещают в сторону проезда на ширину путей (после демонтажа крана бровку откоса в насыпи смещают к линии откоски, оставляя в выемке площадку прежней ширины).

Выровненная площадка в насыпи может не иметь продольного уклона, что особенно удобно при посадке типового здания (сооружения), но в пределах выемки необходим хотя бы минимальный продольный уклон (5%), обеспечивающий сток воды из подоткосных лотков.

Наилучшие условия для оборудования площадок под здания (сооружения) имеют склоны с уклонами в пределах 6—10%. Привязка типовой застройки выполняется здесь без существенной переработки цокольной части. Обеспечиваются в должной мере связь выходов с проездом и отвод поверхностных вод.

### 11.5.4. РАЗМЕЩЕНИЕ ИЗБЫТОЧНЫХ МАСС ГРУНТА

Излишки грунта, возникающие в процессе строительства, обычно перевозят и размещают на территориях, требующих проведения специальных мероприятий для их освоения (в оврагах, балках, котлованах, заболоченных местах и др.). Во избежание дальних перевозок грунта его излишки можно размещать вблизи от места выемки.

Основной принцип отвода поверхностных вод с территории города состоит в том, что поверхность межмагистральной территории должна быть приподнята, а поверхность улиц опущена. Поэтому в тех случаях, когда подсыпку грунта производят на улицах нежелательно, повышают отметки внутриквартальных пространств. Более того, создание искусственных холмов, насыпных валов, горок и др. форм искусственного рельефа в зоне придомовых садов, детских площадок, гаражей позволяет не только разместить излишки грунта, но и достичь большей выразительности среды обитания. Это особенно важно для селитебных территорий городов, расположенных на плоском рельефе.

В процессе производства земляных работ следует очень бережно обращаться с растительным грунтом. Аккуратно срезанный растительный грунт до устройства насыпи или срезы должен быть удален с территории строительной площадки, а после завершения работ уложен на площадки, отведенные под озеленение, на искусственно создаваемый рельеф или вывезен на близлежащие планируемые территории.

### II.5.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

Для определения объемов земляных работ в проектах вертикальной планировки междомагистральных территорий строят картограмму земляных работ, для чего на плане с контурами застройки разбивают сетку квадратов в соответствии со строительной координатной сеткой. В зависимости от характера рельефа и требуемой точности выполнения работ выбирают квадраты со стороной 10; 20; 25; 40 или 50 м (рис. II.5.2). Если площадки имеют сложную конфигурацию, при разбивке сетки могут возникать и фигуры, отличные от квадрата.

В вершины квадратов вписывают существующие и проектные отметки, найденные интерполяцией между соответственно существующими и проектными горизонталями, а также разность между ними — рабочие отметки. Между точками с разнозначными рабочими отметками находят места нулевых работ. Линии, соединяющие смежные точки нулевых работ, означают границы участков выемок и насыпей. Нулевые точки находят методом интерполяции:

$$x = \frac{h_1}{h_1 + h_2} L,$$

где  $x$  — расстояние от точки с отметкой  $h_1$  до нулевой точки, м;  $h_1, h_2$  — абсолютные значения разнозначных рабочих отметок, м;  $L$  — расстояния между точками с этими отметками, м.

Места нулевых работ можно определить и графически. Для этого на концах отрезка в противоположных направлениях восстанавливаются перпендикуляры, на которых в произвольном масштабе откладывают величины рабочих отметок. Место пересечения линии, проведенной через концы перпендикуляров, со стороной квадрата и есть место нулевых работ.

Объем земляных работ в квадратах, не пересекаемых нулевыми линиями (полные квадраты),

$$V = \frac{\Sigma h}{4} F,$$

где  $h$  — рабочая отметка угла квадрата, м;  $F$  — площадь квадрата, м<sup>2</sup>.

При сечении нулевой линией противоположных сторон квадрата объем земляных работ в обеих его частях

$$V = \frac{\Sigma h}{4} F_1,$$

где  $F_1$  — площадь основания одной фигуры.

При сечении нулевой линией соседних сторон квадрата объем земляных работ определяют в двух фигурах: пирамиде с треугольным основанием площадью  $F_2$ ,

объем которой  $V = \frac{h}{3} F_2$ , и усеченной призме с пятигранным основанием площадью

$F_3$ , примерный объем которой  $V = \frac{\Sigma h}{5} F_3$ .

Результаты расчетов объемов работ в каждом квадрате и разбиваемых нулевыми линиями частях квадратов вписывают в картограмму и ведомость земляных работ. (Таблицы и номограммы, облегчающие определение объемов работ в неполных квадратах, приведены в специальной литературе\*.)

В случае залегания в пределах планируемой территории грунтов (растительного, торфа и др.), подлежащих замене, предварительно должна быть разработана аналогичная картограмма земляных работ в пределах контура залегания таких грунтов.

\* Мулин В. И. Таблицы и номограммы для подсчета объема земляных работ при вертикальной планировке. — М.: Стройиздат, 1970. — 64 с.; Мулин В. И. Расчет основных технико-экономических параметров вертикальной планировки. — М.: Стройиздат, 1974. — 145 с.

## Раздел III. ОРГАНИЗАЦИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА НА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

### Глава 6. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОСАДКАХ И СТОКЕ

#### III.6.1. ДОЖДЕВЫЕ ОСАДКИ И ИХ КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Дождевые осадки подразделяют на несколько категорий: обложные дожди большой продолжительности, но малой интенсивности; ливни умеренного пояса малой продолжительности, но значительной интенсивности; муссонные ливни большой интенсивности и продолжительности.

Дожди характеризуются количеством и продолжительностью выпадения. Производная этих величин — интенсивность — равна отношению количе-

#### III.6.1. Значения коэффициента стока $\psi$ и коэффициента $z^*$ для различных поверхностей (СНИП II-32-74)

Вид поверхности	Коэффициент стока $\psi$	Коэффициент $z^*$
Кровли и асфальтобетонные покрытия дорог	0,95	Определяется по табл. III.6.2
Брусчатые мостовые и черные щебеночные покрытия дорог	0,6	0,224
Булыжные мостовые	0,45	0,145
Щебеночные покрытия, не обработанные вяжущими материалами	0,4	0,125
Гравийные садово-парковые дорожки	0,3	0,09
Грунтовые поверхности (спланированные)	0,2	0,064
Газоны	0,1	0,038

\* Эмпирический коэффициент, принимаемый в расчетах.

#### III.6.2. Периоды однократного превышения расчетной интенсивности дождя для населенных пунктов (СНИП II-32-74)

Условия размещения коллектора		Период $P$ , годы, при значениях $q_{до}$ , л/с на 1 га			
На проеззах местного значения	На магистральных улицах	60	60—80	80—120	120—200
Благоприятные и средние	Благоприятные	0,33—0,5	0,33—1,00	0,5—1,0	1—2
Неблагоприятные	Средние	0,5—1,0	1,0—1,5	1—2	2—3
Особо неблагоприятные	Неблагоприятные	2—3	2—3	3—5	5—10
	Особо неблагоприятные	3—5	3—5	5—10	10—20

Примечание. *Благоприятные условия* размещения коллектора: бассейн площадью не более 150 га имеет плоский рельеф при среднем уклоне поверхности 0,005 и меньше; коллектор проходит по водоразделу или в верхней части склона на расстоянии от водораздела не более 400 м. *Средние условия*: бассейн, площадью более 150 га имеет плоский рельеф с уклоном 0,005 и меньше; коллектор проходит в нижней части склона по тальвегу с уклоном 0,02 и меньше (при этом площадь бассейна не превышает 150 га). *Неблагоприятные условия*: коллектор проходит в нижней части склона и площадь бассейна превышает 150 га; коллектор проходит по тальвегу с крутыми склонами при среднем уклоне более 0,02. *Особо неблагоприятные условия*: коллектор отводит воду с замкнутого пониженного места (котловины).

и продолжительности их выпадения  $t$ :

$$i' = \frac{h}{t} \quad (III.6.1)$$

В метеорологии интенсивность дождей  $i'$  выражается количеством миллиметров за 1 мин, а в технических расчетах — количеством литров за 1 с на 1 га территории. Таким образом, расчетная интенсивность дождя

$$q = 166,7i' \quad (III.6.2)$$

Средние за долгие годы период величины  $h$  и  $t$  могут быть вычислены по данным метеорологических станций.

### III.6.3. Периоды однократного превышения расчетной интенсивности дождя для промышленных районов (СНиП II-32-74)

Результат кратковременного переполнения сети	Период $P$ , годы, при значениях $Q_{20}$ , л/с на 1 га		
	70	70—100	Более 100
Нарушения технологических процессов предприятия	0,33—0,50	0,5—1,0	2
Нет нарушений	0,5—1,0	1—2	3—5

Для определения расхода дождевых вод используют коэффициент стока — отношение его объема (или слоя в миллиметрах) к количеству осадков, выпавших на площадь водосбора за определенный промежуток времени. Величина коэффициента стока зависит от типа поверхности площади водосбора (табл. III.6.1).

В расчетах расходов дождевых вод используют также величину  $Q_{20}$  — интенсивность дождя в данной местности продолжительностью 20 мин с периодом однократного превышения его расчетной интенсивности  $P$ , равной одному году.

Периоды однократного превышения расчетной интенсивности дождя с учетом последствий, которые могут быть им вызваны, указаны в табл. III.6.2, и III.6.3.

### III.6.2. СИСТЕМЫ И СХЕМЫ КАНАЛИЗАЦИИ

Системы канализации подразделяют на полную и неполную, отдельные, общесплавную, полураздельную, открытую и комбинированную.

Выбор той или иной системы канализации осуществляется на основе технико-экономических расчетов и санитарных требований.

При полной раздельной системе атмосферные и очищенные на очистных сооружениях производственные воды отводятся по одной сети труб и каналов, а хозяйственно-бытовые и загрязненные производственные воды — по другой, что позволяет снизить стоимость первоначальных затрат на строительство, а также создать необходимые условия для гидравлического режима работы.

К недостаткам полной раздельной системы канализации относятся: увеличение объема работ и стоимости строительства из-за необходимости раздельных сетей; увеличение площадей для прокладки сетей и усложнение производства работ на улицах и дорогах населенных мест; усложнение эксплуатации.

Исходя из санитарных и экономических соображений, а также из условий производства работ указанную систему канализации целесообразно применять в случаях:

- если поверхностные и очищенные производственные воды по санитарным и другим условиям можно сбрасывать в водоемы в черте населенных пунктов;
- если используется открытая сеть дождевой канализации;
- при необходимости перекачки поверхностных вод большим количеством насосных станций;
- по требованию санитарного надзора;
- при обосновании эффективности полной раздельной канализации, имеющей явное преимущество в санитарном и экономическом отношениях;
- при наличии широких дорог и проездов.

При неполной раздельной системе канализации отводятся только наиболее загрязненные хозяйственно-бытовые и производственные сточные воды, а атмосферные стекают по поверхности территории. Эта система по сравнению с общесплавной и раздельной имеет меньшую стоимость, поэтому она широко применяется в небольших и средних населенных пунктах.

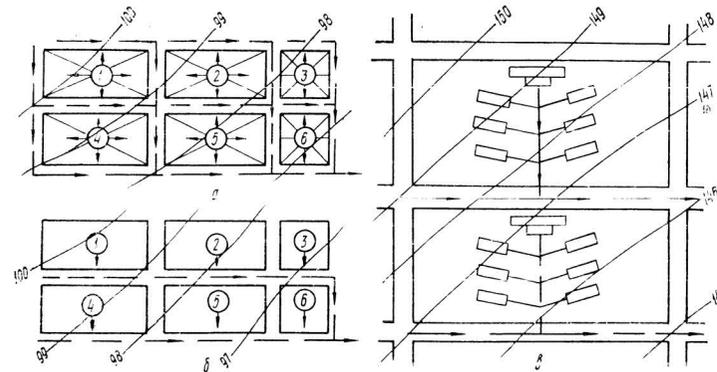


Рис. III.6.1. Схемы трассировки сети дождевой канализации: а — обьемлющая; б — с пониженной стороной квартала; в — черезквартальная (цифры — номера кварталов).

К недостаткам неполной раздельной системы канализации относятся загрязнение водоемов поверхностными водами, а также возможность затопления проездов и подземных помещений.

При общесплавной системе все сточные воды (атмосферные, бытовые, производственные) отводятся по одной общей сети труб и каналов. Эта система с санитарной точки зрения является наилучшей, поскольку все сточные воды, за исключением сбрасываемых через ливнепуски, поступают в водоем из очистных сооружений.

К недостаткам системы следует отнести высокую стоимость и большие первоначальные затраты.

Общесплавную систему канализации с санитарной и технико-экономической точек зрения целесообразно применять в таких случаях:

- при отсутствии районных насосных станций перекачки;
- при минимальной протяженности городского коллектора;
- при сбросе в водоем части смеси дождевых и бытовых сточных вод после их механической очистки;
- при сбросе в водоем всего количества сточных вод без полной биологической очистки.

Полураздельная система канализации представляет собой раздельную систему с водосборными камерами, с помощью которых первые порции наиболее загрязненных сточных вод, грязной воды от мытья улиц и атмосферной воды во время дождей автоматически направляются в сеть хозяйственно-бытовых и загрязненных производственных сточных вод, а затем отводятся по единственному коллектору на очистные сооружения. Последующие сравнительно чистые дождевые воды сбрасываются непосредственно в водоем. Эта система предусматривает одновременное строительство двух сетей: дождевой и хозяйственно-бытовой. Хозяйственно-бытовая сеть должна укладываться ниже дождевой, обеспечивая прием наиболее загрязненных порций дождевых вод.

При полураздельной системе возможность загрязнения водоемов меньше, поэтому по санитарным соображениям она применяется чаще, чем полная раздельная система.

при открытой системе канализации отвод дождевых и талых вод осуществляется системами лотков, в том числе проезжих частей улиц, каналов и кюветов.

Комбинированную систему канализации целесообразно применять в крупных населенных пунктах.

Сети дождевой канализации проектируют по схемам: объемлющей, используемой при наличии ровного (плоского) рельефа местности, больших кварталов и отсутствии застройки внутри кварталов (сеть трассируют по проездам, опоясывая квартал со всех сторон); с пониженной стороной квартала — при наличии выраженного уклона местности в определенном направлении (сеть трассируют по проездам с одной или двух сторон квартала); через квартальную — при наличии уклона местности в сторону рядом расположенного квартала. Эта схема дождевой канализации более экономична, чем две предыдущие (рис. III.6.1).

### III.6.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА ДОЖДЕВЫХ ВОД

Расчетный расход дождевых вод, м<sup>3</sup>/с, определяют методом предельных интенсивностей (СНиП II-32-74):

$$Q = \frac{\Psi_{\text{ср}} A F}{T^n} \quad (\text{III.6.3})$$

где  $\Psi_{\text{ср}}$  — средний коэффициент стока;  $A$  и  $n$  — параметры, определяемые по методу ЛНИИ АКХ им. К. Д. Памфилова на основании данных местных метеорологических станций за период не менее 25 лет или по данным территориальных управлений гидрометеослужбы;  $F$  — расчетная площадь стока, га, принимаемая равной всей площади или части ее, которая обеспечивает максимальный расход стока;  $T$  — расчетная продолжительность дождя, мин.

### III.6.4. Соотношение коэффициента $z$ с параметрами $A$ и $n$ для водонепроницаемых поверхностей (СНиП II-32-74)

Параметр $n$	Значения коэффициента $z$ при значениях параметра $A$								
	360	400	500	600	700	800	1000	1200	1500
Менее 0,65	0,32	0,3	0,29	0,28	0,27	0,26	0,25	0,24	0,23
0,65 и более	0,33	0,31	0,3	0,29	0,28	0,27	0,26	0,25	0,24

Если площадь водонепроницаемой поверхности не превышает 30% всей площади, средний коэффициент стока принимается в зависимости от интенсивности и продолжительности дождя.

В этом случае

$$\Psi_{\text{ср}} = z_{\text{ср}} q^{0,2} T^{0,1} \quad (\text{III.6.4})$$

Значения коэффициентов  $\Psi_{\text{ср}}$  и  $z_{\text{ср}}$  определяются как средневзвешенные величины от частных коэффициентов  $\Psi$  и  $z$  (табл. III.6.1, III.6.4).

При отсутствии данных метеостанций параметр  $n$  находят по схеме, приведенной на рис. III.6.2, а параметр  $A$  вычисляют по формуле

$$A = 20^n q_{20} (1 + c \lg P). \quad (\text{III.6.5})$$

Величину  $q_{20}$ , л/с на 1 га, в формуле (III.6.5) определяют по рис. III.6.3, коэффициент  $c$ , значение которого зависит от климатических условий местности, — по рис. III.6.4. Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя принимают по табл. III.6.2 и III.6.3 (см. с. 47—48).

По районам СССР, для которых значение интенсивности дождя не может быть установлено по рис. III.6.3, производят расчет по формуле

$$q_{20} = 0,071 N \sqrt{a_n} \quad (\text{III.6.6})$$

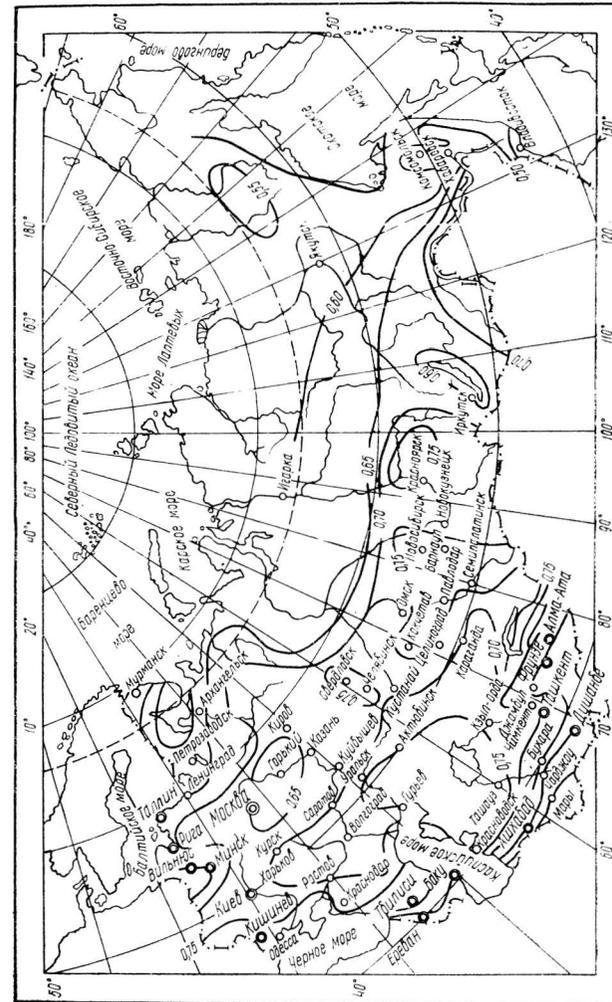


Рис. III.6.2. Значения параметра  $n$  для определения расходов дождевых вод (СНиП II-32-74).

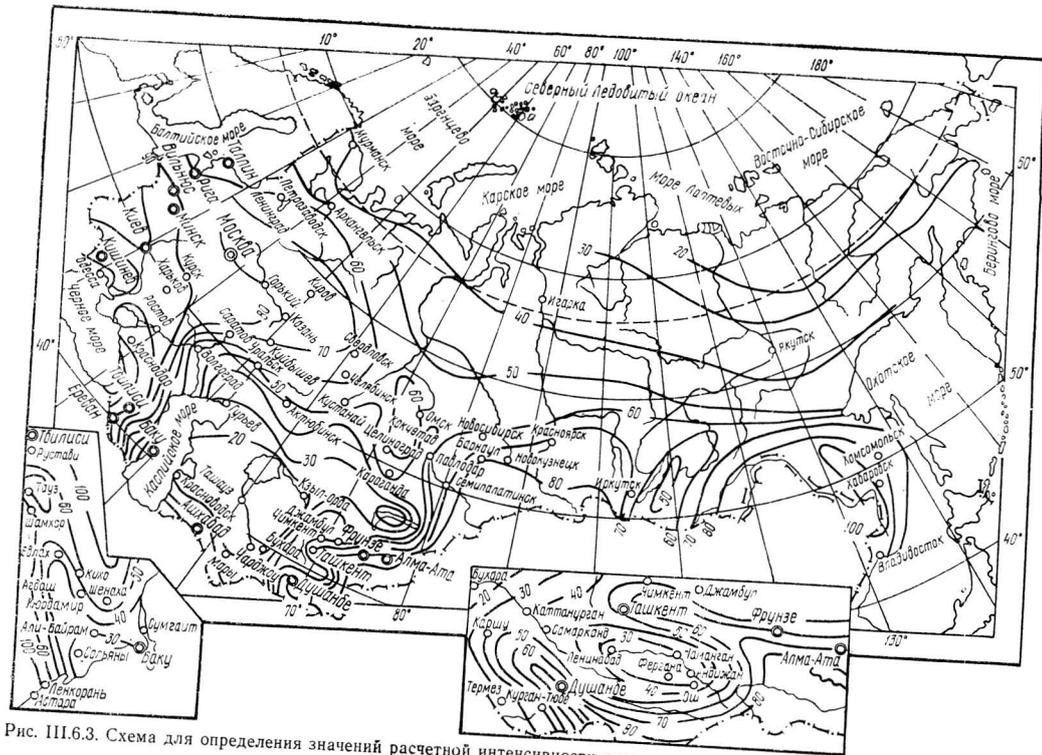


Рис. III.6.3. Схема для определения значений расчетной интенсивности дождя  $q_{24}$  (СНиП II-32-74).

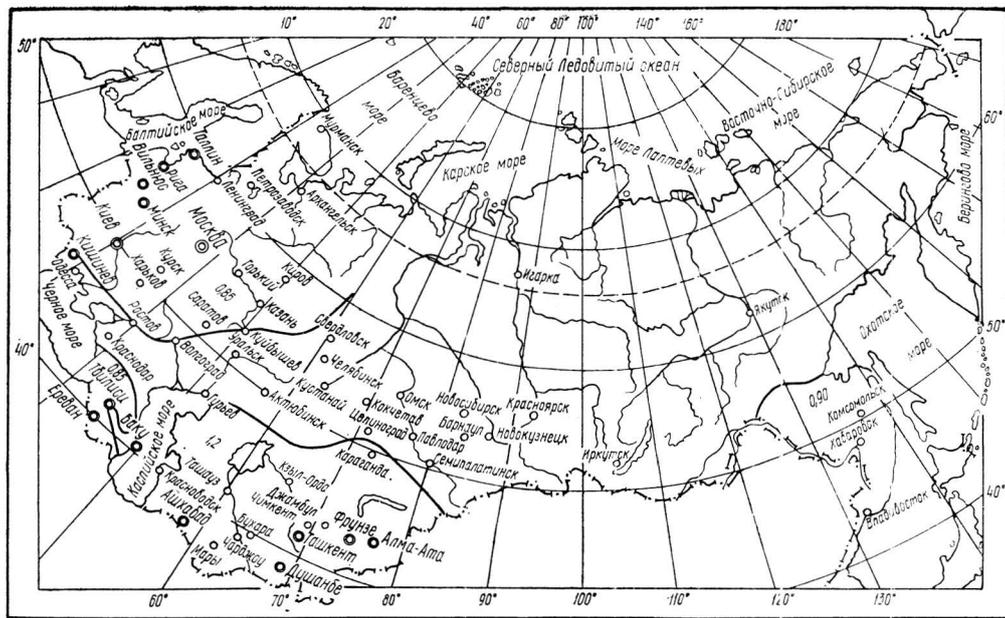


Рис. III.6.4. Значения коэффициента  $c$  для определения расходов дождевых вод (СНиП II-32-74).

среднегодовое количество атмосферных осадков, мм, не менее чем за 20 лет;  $d_n$  — дефицит влажности, средневзвешенный по месячным количествам дождевых вод (не менее чем за 10 лет), мм.

Период  $P$  определяют расчетом в зависимости от условий размещения коллектора, величины  $q_{20}$ , площади бассейна, коэффициента стока и предельного

### III.6.5. Предельные периоды однократного превышения расчетной интенсивности дождя (СНиП II-32-74)

Характеристика бассейна, обслуживаемого коллектором	Период $P'$ , годы, в зависимости от условий размещения коллектора			
	Благоприятные	Средние	Неблагоприятные	Особо неблагоприятные
Территории кварталов и проезды местного значения	10	10	25	50
Магистральные улицы	10	25	50	100

\* См. примечание к табл. III.6.2.

периода превышения расчетной интенсивности дождя  $P'$ . Для районов, где значение  $q_{20}$  меньше 60 или которые расположены около особых сооружений (метро, вокзалов, подземных переходов, котловин и пр.), период  $P$  определяют расчетом исходя из предельного периода превышения расчетной интенсивности дождя  $P'$  (табл. III.6.5).

При расчете периода  $P$  следует учитывать, что при предельных периодах однократного превышения расчетной интенсивности, указанных в табл. III.6.5, коллектор дождевой канализации должен пропускать лишь часть расхода дождевого стока. Остальная его часть временно затопляет проезжую часть улиц и при наличии уклона стекает по лоткам. В связи с этим пропускную способность коллекторов дождевой канализации необходимо рассчитывать на период однократного превышения расчетной интенсивности, несколько меньшей предельного.

Для промышленных районов, расположенных в замкнутой котловине, период однократного превышения расчетной интенсивности дождя принимают равным не менее пяти годам.

Расчетный расход дождевых вод с площади водосбора более 1000 га, не входящей в территорию населенного пункта, определяют по нормам стока для расчета искусственных сооружений автомобильных дорог. В тех случаях, когда площадь стока коллектора  $P$  составляет 300 га и более, в формулу III.6.3 следует вводить поправочный коэффициент  $\eta$ , учитывающий неравномерность выпадения дождя на данной площади стока (см. ниже).

#### Значения коэффициента неравномерности выпадения дождя $\eta$ (СНиП II-32-74)

Площадь стока, га	300	500	1000	2000	3000	4000
$\eta$	0,96	0,94	0,91	0,87	0,83	0,80

Расчетную продолжительность дождя определяют по формуле

$$T = t_{\text{конц}} + T_d + T_{\text{пр}}, \quad (\text{III.6.7})$$

где  $t_{\text{конц}}$  — время поверхностной концентрации дождевого стока (при отсутствии внутриквартальных закрытых дождевых сетей определяется расчетом и в населенных пунктах принимается равным не менее 10, при наличии таких сетей — не менее 5 мин);  $T_d$  — время протекания дождевого стока по уличным лоткам дождеприемника, мин:

$$T_d = 1,25 \frac{l_d}{v_d 60}, \quad (\text{III.6.8})$$

где  $l_d$  — длина лотка, м;  $v_d$  — скорость движения дождевых вод в конце лотка, м/с;  $T_{\text{пр}}$  — время протекания воды по трубам до рассчитываемого сечения, мин;

$$T_{\text{пр}} = r \sum \frac{l_{\text{тр}}}{v_{\text{тр}} 60}, \quad (\text{III.6.9})$$

где  $r$  — коэффициент, принимаемый по табл. III.6.6 в зависимости от показателя степени  $n$  и уклона  $i$ ;  $l_{\text{тр}}$  — длина расчетных участков коллектора, м;  $v_{\text{тр}}$  — расчетная скорость движения дождевых вод на соответствующих участках, м/с.

### III.6.6. Зависимость параметра $r$ от уклона $i$ и показателя степени $n$ (СНиП II-32-74)

Уклон $i$	Показатель степени $n$			
	0,5	0,51—0,60	0,61—0,70	Свыше 0,70
Менее 0,01	2,8	2,5	2,5	2,0
0,01—0,03	2,1	1,9	1,9	1,5
Свыше 0,03	1,2	1,2	1,2	1,2

При продолжительности дождя менее 10 мин следует вводить поправочный коэффициент, равный 0,8 при  $T=5$  мин и 0,9 при  $T=7$  мин.

Пропускную способность дождевой канализационной сети вычисляют с учетом возникновения в ней напорного режима.

### III.6.4. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ДОЖДЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

Гидравлический расчет дождевой канализации имеет целью определение оптимальных размеров и сечений транспортирующих трубопроводов, уклонов и скоростей движения в них сточных вод.

Самотечные и напорные сети дождевой канализации всех систем рассчитывают на максимальный секундный расход по таблицам и графикам, составленным на основании формулы

$$I = \frac{\lambda}{4R} \cdot \frac{v^2}{2g}, \quad (\text{III.6.10})$$

где  $I$  — гидравлический уклон;  $\lambda$  — коэффициент сопротивления трению по длине трубопровода;  $R$  — гидравлический радиус, м;  $v$  — средняя скорость движения сточных вод, м/с;  $g$  — ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>.

Коэффициент сопротивления трению по длине  $\lambda$  находят из выражения

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left( \frac{\Delta \vartheta}{13,68R} + \frac{a_2}{\text{Re}} \right), \quad (\text{III.6.11})$$

где  $\Delta \vartheta$  — значение эквивалентной шероховатости, см, принимаемое по табл. III.6.7;  $R$  — гидравлический радиус, см;  $a_2$  — безразмерный коэффициент, учитывающий шероховатость поверхности труб (табл. III.6.7);  $\text{Re}$  — число Рейнольдса.

Наименьший диаметр трубопровода должен составлять, мм: для уличной сети канализации — 200, для внутриквартальной и производственной — 150. Трубопроводы диаметром 150 мм наиболее подвержены заиливанию и засорению.

Трубопроводы дождевой канализации следует проектировать на полное расчетное наполнение.

скорости движения дождевых сточных вод при полном расчетном наполнении:

Диаметр трубопровода, мм	Скорость дождевых сточных вод, м/с
150—250	0,7
300—400	0,8
450—500	0,9
600—800	1,0
900—1200	1,15
1300—1500	1,3
Свыше 1500	1,5

Минимальную скорость движения сточных вод для дождевой канализации при  $P=0,33$  года следует принимать 0,6 м/с. Наибольшая расчетная скорость движения дождевых сточных вод для металлических труб составляет 10, для неметаллических — 7 м/с.

### III.6.7. Параметры для гидравлических расчетов (СНиП II-32-74)

Типы сооружений	Значения $\Delta z$ , см	Коэффициент $\alpha_n$	Типы сооружений	Значения $\Delta z$ , см	Коэффициент $\alpha_n$	
Трубопроводы:			из бута, тесаного камня, кирпичные, бетонные и железобетонные, изготовленные на месте (в опалубке)	0,635	150	
	бетонные и железобетонные	0,20		100	0,315	110
	керамические	0,135		90		
	чугунные	0,10		83		
Каналы:	асбестоцементные	0,08	79	0,30	120	
	стальные	0,06	73	0,08	50	

При расходах расчетного периода дождевая канализация работает на самотечном режиме, при расходах предельного периода — на напорном. Напорный режим при расходах расчетного периода допускается для участков, имеющих перепады или глубокое начальное заложение, а также для коротких участков с малым уклоном или меньшим сечением трубопровода.

Гидравлические расчеты сети дождевой канализации выполняют по таблицам, специальных устройств (выпусков, водобойных колодцев, быстротоков, перепадов) — по формулам гидравлики.

Размеры поперечных сечений водоотводных каналов определяют гидравлическим расчетом на пропуск расчетного расхода дождевых и талых вод. Минимальная ширина по дну для каналов и кюветов трапецидального сечения 0,3, минимальная глубина 0,4 м.

Максимальный уклон дна открытой сети должен соответствовать типу крепления и допустимым неразмывающим скоростям течения.

Величину заложения откосов и наибольшие допустимые скорости течения воды в каналах и кюветах принимают в зависимости от рода грунтов и типа укреплений.

Расчетный расход на участках общесплавного канализационного коллектора до первого ливнепуска определяют как сумму расходов хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод в сухую погоду и расхода дождевых вод.

Расчетный расход,  $m^3/c$ , на участках канализационного коллектора за первым и каждым следующим ливнепуском

$$Q_{расч} = Q_{сух} + n_0 Q'_{сух} + Q_{дож}, \quad (III.6.12)$$

где  $Q_{сух}$  — сумма расходов хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод,  $m^3/c$ ;  $n_0 Q'_{сух}$  — не сбрасываемый через ливнепуск расход дождевых вод, равный произведению расхода в сухую погоду на коэффициент разбавления  $n_0$ ,  $m^3/c$ , и

принимаемый постоянным по величине до следующего ливнепуска;  $Q_{дож}$  — расчетный расход дождевых вод с площадей стока, обслуживаемых участками коллектора за ливнепуском,  $m^3/c$ ; его определяют тем же способом, что и расходы для дождевой канализации.

Расходы производственных сточных вод следует определять как средние секундные за смену, в течение которой сбрасывается максимальный расход производственных и бытовых сточных вод.

При проверке гидравлических условий протока общесплавной сети в сухую погоду расчетные расходы бытовых и производственных сточных вод определяют как для полной раздельной системы канализации.

### III.6.5. СХЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ СТОКА

Регулирование стока дождевых вод производится с целью уменьшения диаметров трубопроводов при прокладке дождевой канализации.

Для регулирования стока дождевых вод используют пруды (кроме источников питьевого водоснабжения и предназначенных для купания и спорта), укрепленные овраги, оборудованные плотинами, специальные пруды или закрытые резервуары.

В зависимости от типа и способа включения регулирующей емкости различают такие принципиальные схемы регулирования стока (рис. III.6.5):

схема *a* — на подводящем коллекторе сооружают водосливное устройство по типу ливнепуска общесплавной канализации (применение схемы требует наличия перепада между ребром водослива и отметкой присоединения отводной трубы к коллектору; величина перепада должна быть не меньше глубины емкости);

схема *b* — водосливное устройство сооружают тем же способом, что и по схеме *a*, но для опорожнения емкости применяют откачку насосом, включение которой может быть автоматизировано (наличие перепада при этом необязательно);

схема *в* — подводимая к емкости труба при входе в нее переходит в лоток, отводоспособность которого должна соответствовать сбрасываемому в емкость расходу (если расход превышает предельный, вода, переливаясь через края лотка, заполняет емкость).

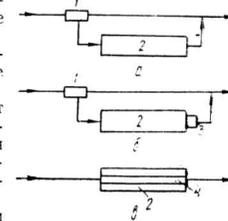


Рис. III.6.5. Схемы (а — в) регулирования дождевого стока:

1 — разделительная камера с водосливом; 2 — резервуар; 3 — насосная установка; 4 — лоток на дне резервуара.

### III.6.6. РАСЧЕТ РЕГУЛИРОВАНИЯ СТОКА ПРУДАМИ И РЕЗЕРВУАРАМИ

При расчете регулирования стока дождевых вод определяют: расход, пропускаемый сетью в обход пруда или через пруд, отношение этого расхода к расчетному ( $\alpha$ ) и регулирующую емкость.

Наполнение и опорожнение регулирующего пруда производится через водовыпуск из коллектора в пруд и водосброс из пруда в коллектор. Участок коллектора между водовыпуском и водосбросом, называемый обгонным, рассчитывают на пропуск расходов дождевого стока. Регулирующие пруды, расположенные выше городских территорий (по течению протока), при отсутствии выпуска загрязненных вод могут быть сооружены без обгонных участков.

Расход, сбрасываемый из сети дождевой канализации в городские пруды, рассчитывают исходя из санитарных норм сброса сточных вод в водоемы.

Регулирующую емкость  $W$ ,  $m^3$ , определяют по графикам притока и вытекания воды из пруда с учетом нормального и максимального уровней в нем или по формуле

$$W = k Q_{расч} t_{расч}, \quad (III.6.13)$$

где  $Q_{расч}$  — расчетный расход дождевых вод через водовыпуск, определяемый по результатам гидравлического расчета дождевой сети,  $m^3/c$ ;  $t_{расч}$  — расчетное время стока со всего бассейна до водовыпуска, определяемое по результатам гидравлического расчета дождевой сети, м;  $k$  — коэффициент, значение которого зависит от величины  $\alpha$  и показателя степени  $n$  (табл. III.6.8).

Продолжительность опорожнения регулирующего пруда (до предельного минимального уровня) после прекращения дождя не должна превышать 24 ч.  
Расход дождевого стока ниже регулирующего пруда рассчитывают по формуле

$$Q_2 = \alpha Q_{\text{расч}} + Q_{\text{оп}} + Q_1, \quad (\text{III.6.14})$$

III.6.5. Значения коэффициента  $k$  в зависимости от показателя степени  $n$  и величины  $\alpha$  (СНиП II-32-74)

$\alpha$	$k$		$\alpha$	$k$		$\alpha$	$k$
	$n > 0,6$	$n < 0,6$		$n > 0,6$	$n < 0,6$		
0,10	1,5	—	0,40	0,42	0,47	0,70	0,13
0,15	1,1	1,5	0,45	0,36	0,38	0,75	0,10
0,20	0,85	1,13	0,50	0,3	0,32	0,80	0,07
0,25	0,69	0,87	0,55	0,25	0,27	0,85	0,04
0,30	0,58	0,69	0,60	0,21	0,22	0,90	0,02
0,35	0,5	0,57	0,65	0,16	0,17	—	—

где  $\alpha Q_{\text{расч}}$  — расход, пропускаемый в обход пруда, м<sup>3</sup>/с;  $Q_{\text{оп}}$  — средний расчетный расход опорожнения пруда, м<sup>3</sup>/с;  $Q_1$  — расчетный расход дождевых вод с площади стока, расположенной ниже пруда (без учета времени протекания дождевых вод до пруда), м<sup>3</sup>/с.

Основные элементы водохозяйственного расчета регулирующих прудов: расчет притока воды, характеристика чаши пруда, полезное потребление, потери на испарение, фильтрацию и занесение.

Регулирующие резервуары для дождевого и талого стоков могут входить в состав комплекса очистных сооружений или размещаться отдельно — перед насосными станциями и коллекторами, имеющими большую протяженность. Регулирующие резервуары, не предназначенные специально для отстаивания воды, могут быть открытыми (пруды-накопители) или закрытыми (подземными).

Открытые регулирующие резервуары строят, как правило, за пределами жилой застройки. Они должны иметь постоянный объем воды, обеспечивающий глубину 0,8—1 м, и подпитываться в засушливые периоды года.

Резервуары заполняются во время дождей, расход стока от которых превышает некоторую принятую норму и сброс воды в них при больших расходах дождевого стока производится через распределительную камеру.

Закрытые (подземные) регулирующие резервуары могут быть построены в пределах города. При малых объемах этих сооружений осадок из них можно удалять илососом или грейфером. Осадок с больших площадей целесообразно удалять смывом.

Регулирующие резервуары рекомендуется устраивать по типу песколовков канализационных сооружений с целью применения типового оборудования для сбора и транспортирования осадка.

## Глава 7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОЖДЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

### III.7.1. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

Разработка проектов дождевой канализации городов и поселков, жилых кварталов и территорий промышленных предприятий состоит из ряда операций, выполняемых в определенной последовательности.

На плане в масштабе 1 : 10 000—1 : 500 с горизонталями через 0,5—2 м, имеющим схему планировки или застройки, намечают бассейны стока и трассы главных коллекторов, а также схему внутриквартальной сети по всей территории, выделяя открытые и закрытые сети. По проекту планировки и застройки города (поселка) для каждого района (объекта) в целом выбирают два-три квартала, характерных по виду и размерам площадей поверхностных покрытий (дорожных покрытий,

крыш, зеленых насаждений и т. д.). Для этих кварталов в осях прилегающих улиц определяют процентное соотношение площадей с различными покрытиями.

На плане намеченной сети разбивают кварталы или территории промышленных предприятий на площади стока, тяготеющие к какому-либо участку сети или дождеприемному колодезю, и определяют размеры этих площадей (рис. III.7.1). На гра-

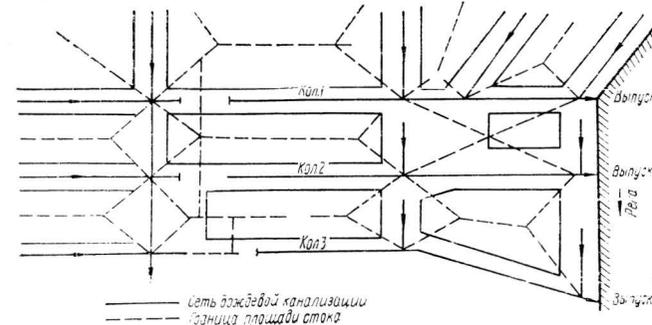


Рис. III.7.1. Разбивка жилых кварталов на площади стока.

никах расчетных участков сети и в точках резкого изменения рельефа определяют отметки поверхности земли.

Определяют параметры  $A$ ,  $n$ ,  $c$ ,  $q_{20}$  (см. с. 50—53). Период однократного превышения  $P$  расчетных интенсивностей дождя принимают в зависимости от условий размещения коллекторов. Подсчитывают средние значения коэффициентов стока. По расчетным расходам и заданным уклонам подбирают диаметры труб и сечения коллекторов и строят продольные профили.

### III.7.2. НАЧЕРТАНИЕ СЕТИ В ПЛАНЕ И ЕЕ ВЫСОТНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ

Плановое и высотное положение сети дождевой канализации определяют: рельефом местности, возможными местами выпусков дождевых вод, существующей и проектируемой планировкой и застройкой; очередностью строительства сети, глубиной промерзания грунтов и наличием подземных сооружений и коммуникаций.

Сеть дождевой канализации проектируют по улицам проездам или рядом с ними и лишь в редких случаях — по кварталам или незастроенным участкам. Максимальное использование рельефа местности и подача воды кратчайшим путем к выпуску при проектировании дождевой канализации при этом обязательны. Главные коллекторы прокладывают по тальвегам, притоки к ним — по склонам.

На местности с плоским рельефом границы бассейнов определяют исходя из возможности охвата территории самотечной сетью при глубине заложения главного коллектора, размещаемого ближе к середине бассейна, до 4—5 м. Если территория расположена на уровне или ниже уровня нормального (высокого) горизонта воды в водоеме, устраивают насосные станции для перекачки дождевых вод.

Трассы дождевой канализации размечают на планах городских проездов с указанием всех существующих и проектируемых подземных сооружений, а также красных линий застройки и поперечных разрезов улиц.

Высотное положение существующих и проектируемых подземных сооружений указывают на плане в абсолютных отметках с обозначением глубины заложения. Уличные коллекторы обычно проектируют прямыми линиями параллельно красным линиям застройки и располагают ближе к середине проезда.

Для устройства дождевой канализации применяют безнапорные железобетонные, бетонные, керамические и асбестоцементные трубы. Чугунные трубы для самотечных сетей допускается применять: при прокладке в труднодоступных для строительства местах; в вечномёрзлых, просадочных набухающих и заторфованных грунтах;

на подрабатываемых территориях и в карстовых условиях; в местах переходов через водные преграды; под железными и автомобильными дорогами; в местах пересечения с хозяйственно-питьевым водопроводом; в оползневых и др. районах со сложными инженерно-геологическими условиями.

Тип основания под трубопроводы проектируют в зависимости от несущей способности грунтов и нагрузок. Во всех грунтах, за исключением скальных, плавучих, болотистых и просадочных II типа, трубы укладывают непосредственно на выровненное и утрамбованное дно траншеи. В скальных грунтах трубы укладывают на подушку толщиной не менее 10 см из местного песчаного или гравелистого грунта, в илистых, торфяных и др. слабых грунтах — на искусственное основание (в соответствии с действующими типовыми проектами).

Трубопроводы дождевой канализации размещают на определенном расстоянии от подземных и др. сооружений и коммуникаций (СНиП II-32-74):

Сооружения, коммуникации и пр.	Расстояние до дождевой канализации по горизонтали в свету, м
Фундаменты зданий и сооружений, путепроводов и тоннелей, ограждений, опор контактной сети и связи	3,0
Подойма насыпи и бровка выемки	4,0
Подойма насыпи трамвайного пути	2,8
Бортовой камень улицы, дороги	1,5
Наружная бровка кювета или подойма насыпи улицы (дороги)	1,0
Фундаменты опор воздушных линий электропередачи напряжением, кВ:	
до 1	1,0
1—35	2,0
свыше 35	3,0
Водопровод	1,5
Хозяйственно-бытовая канализация, дренаж	0,4
Газопровод с давлением:	
низким	1,0
средним	2,0
высоким	5,0
Электрокабель напряжением, кВ:	
до 35	0,5
35—110	1,0
Кабель связи	0,5
Тепловые сети	1,0
Общие коллекторы	1,5

При параллельной прокладке сети дождевой канализации и водопровода питьевой воды диаметром 200 мм расстояние между трубопроводами должно быть не менее 1,5 и не менее 3 м при диаметре водопровода свыше 200 мм. При этом водопровод необходимо прокладывать в металлических трубах.

Наименьшую глубину заложения трубопроводов сети рассчитывают на основании опыта эксплуатации сетей дождевой канализации в данном районе. При отсутствии таких данных наименьшую глубину заложения лотков трубопроводов допускается принимать: при диаметре до 500 мм — на 0,3, при диаметре более 500 мм — на 0,5 м менее наибольшей глубины промерзания грунта, но не менее 0,7 м от верха труб начиная с планировочных отметок.

Глубину заложения главного коллектора сети определяют исходя из возможности присоединения к нему внутриквартальных сетей, веток от дождеприемных колодцев или дренажей, пересечения с подземными коммуникациями, способов производства работ.

Наименьший уклон трубопроводов следует принимать в зависимости от допустимых минимальных скоростей движения сточных вод. Наименьшие уклоны трубопроводов при расчетном наполнении для всех систем канализации составляют: для труб диаметром 150 мм — 0,008, 200 мм — 0,005.

Уклон соединительных веток принимают не менее 0,005.

Пересечение сети дождевой канализации с др. подземными сооружениями выполняют по одной из схем, приведенных на рис. III.7.2.

Угол между присоединяемым и отводящим трубопроводами должен быть не менее 90°. Увеличение или уменьшение этого угла допускается при устройстве в колодце перепада в виде стояка, присоединяемого к дождеприемникам. Повороты на коллекторах должны быть предусмотрены в колодцах. Радиус кривой поворота лотка следует принимать не менее диаметра трубопровода. На коллекторах диаметром 1200 мм и более радиус кривой поворота должен составлять не менее пяти диаметров трубопровода. Смотровые колодцы или камеры при этом должны быть предусмотрены в начале и в конце кривой. Повороты коллекторов, сооружаемых при щитовой проходке проектируют по кривой радиусом более 100 м, не предусматривая устройства смотровых колодцев.

Трубопроводы разных диаметров соединяют в колодцах по шельгам труб. При соответствующем обосновании соединение труб допускается по расчетному уровню воды.

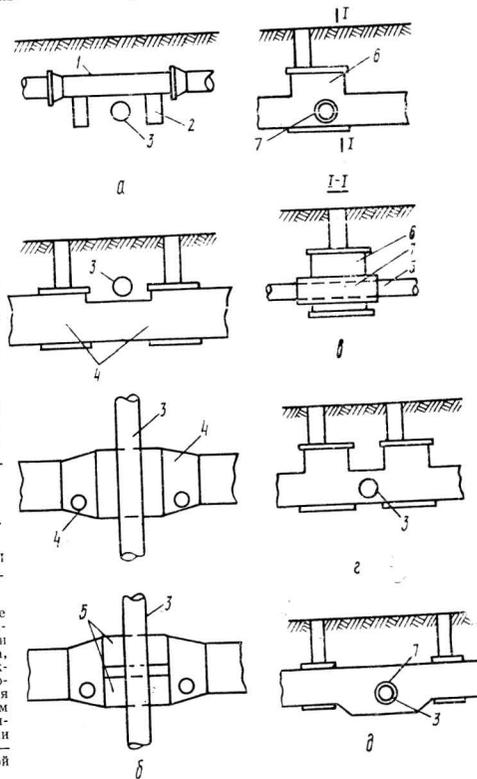


Рис. III.7.2. Пересечение сети дождевой канализации с подземными сооружениями:

а, б — при недостаточном зазоре соответственно над и под коммуникацией; в — г — при пересечении соответственно смотрового колодца, трубопровода и дождевого коллектора; 1 — трубопровод из длинномерных труб; 2 — железобетонная опора; 3, 4 — камера с пониженным сечением на концах; 5 — уменьшенное сечение сети за счет прокладки двух труб меньшего диаметра; 6 — уширенная камера; 7 — стальной футляр.

### III.7.3. РАЗМЕЩЕНИЕ И РАСЧЕТ ДОЖДЕПРИЕМНЫХ КОЛОДЦЕВ

Дождеприемные колодцы размещают: в лотках проезжей части улиц на расстояниях, определяемых расчетом; в пониженных местах существующего или проектного рельефа; у перекрестков до пешеходных переходов со стороны притока воды; на выездах из дворов.

При ширине улиц до 30 м и отсутствии поступления дождевых вод с территории кварталов расстояние между дождеприемными колодцами принимают, м (СНиП II-32-74):

Уклон улицы	Расстояние между дождеприемными колодцами, м
До 0,004	50
Более 0,004 до 0,006	60
» 0,006 до 0,01	70
» 0,01 до 0,03	80

По ширине улнн более 30 м или при их продольном уклоне более 0,03 расстояние между дождеприемными колодцами должно быть не более 60 м.

Необходимость установки дождеприемных колодцев во дворах, скверах, бульварах и парках определяется местными условиями, проектом вертикальной планировки и принятой схемой водоотвода (открытой или закрытой). При закрытой системе водоотвода расстояние между дождеприемными колодцами на бульварах и парковых дорожках может быть удвоено по сравнению с расстоянием между ними на улицах, что должно быть подтверждено расчетом.

Дождеприемные колодцы, в зависимости от условий их установки, могут быть нескольких типов:

обычные — в уличных лотках при одностороннем притоке воды; с двумя или несколькими горизонтальными или вертикальными бортевыми решетками — в пониженных местах уличных лотков и в местах приема большого количества воды;

с решеткой паркового типа — при малой водосборной площади (до 0,2 га) во дворах, скверах, бульварах и парках;

мелкого заложения, смещенные в сторону тротуара или газона, с приемом воды через отверстие в борту — при отсутствии возможности установки в лотках проезжей части обычных дождеприемных колодцев.

Длина соединительной ветки от дождеприемного колодца до смотрового должна быть не более 40 м. К дождеприемным колодцам допускается присоединять водосточные трубы зданий и дренажных трубопроводов.

Дождеприемные колодцы должны иметь плавное в плане очертание для безпрямиков для осадка. Для приема воды в них устанавливаются решетки, количество которых зависит от расчетного расхода дождевых вод. Решетки размещают на 20—30 мм ниже лотков проезжей части улицы.

В коллекторах со скоростью течения менее 0,8 м/с допускается установка дождеприемных колодцев с приемком или устройством для улавливания загрязнений. При организации общесплавной системы канализации дождеприемные колодцы устанавливают с приемком глубиной 0,5—0,7 м для осадка и гидравлическим затвором высотой не менее 0,1 м. Канавы присоединяют к закрытой сети через колодец с очистной частью. В оголовках канав устанавливают решетки с просерами не более 50 мм. Диаметр соединительного трубопровода определяют расчетом, принимая, однако, не менее 250 мм.

При диаметре труб менее 1500 мм и скоростях течения не более 4 м/с надлежит предусматривать в смотровых колодцах перепады высотой до 0,5 м.

Решетки применяют двух типов: размерами в плане 0,82×0,396 с установкой в лотках проезжей части и размерами 0,392×0,292 м (паркового типа).

Пропускную способность решетки при двухстороннем подходе воды рассчитывают по формулам:

$$\text{при } H_0 < 1,33 \frac{\omega}{l} : Q = 1,5H_0^{1,5},$$

$$\text{при } H_0 < 1,33 \frac{\omega}{l} : Q = 2\omega \sqrt{H_0},$$

где  $H_0$  — полный напор, м, равный  $H + \frac{v^2}{2g}$ ;  $H$  — глубина протока воды у решетки, м;  $v$  — скорость подхода воды к решетке, м/с;  $\omega$  — суммарная площадь всех отверстий решетки, м<sup>2</sup>;  $l$  — длина водосливного фронта, м, равная периметру решетки;  $Q$  — расход (пропускная способность решетки), м<sup>3</sup>/с.

#### 11.7.4. СМОТРОВЫЕ И ПЕРЕПАДНЫЕ КОЛОДЦЫ

Смотровые колодцы на сетях дождевой канализации обеспечивают доступ к трубопроводам для контроля при эксплуатации и очистки от осадка. Смотровые колодцы устраивают в местах присоединений, изменения направления, уклонов, диаметров трубопроводов, перепадов, в местах пересечений в одном уровне с подземными сооружениями и перед затопленными выпусками.

Расстояния между колодцами, м, на прямых участках принимают в зависимости от диаметра трубопровода (СНиП П-32-74):

Диаметр трубопровода, мм	Расстояние между колодцами, м
150	35
200—450	50
500—600	75
700—900	100
1000—1400	150
1500—2000	200
Свыше 2000	250—300

Полки лотков смотровых колодцев должны быть расположены на уровне верха трубопровода большего диаметра. Размеры колодцев в плане принимают в зависимости от наибольшего диаметра трубопровода.

#### Прямоугольные колодцы

Диаметр трубопровода D, мм	Длина и ширина колодца, мм
До 700	1000; D + 400 (но не менее 1000)
700 и более	D + 400; D + 500

#### Круглые колодцы

Диаметр трубопровода, мм	Диаметр колодца, мм
До 600	1000
700	1250
800—1000	1500
1200	2000

На трубопроводах диаметром не более 150 мм при глубине заложения до 1,2 м допускается устройство колодцев диаметром 700 мм.

Перепадные колодцы на сети строят в следующих случаях: для уменьшения глубины заложения трубопроводов; для предотвращения превышения максимально допустимой скорости движения сточных вод или резкого изменения этой скорости; при пересечении с подземными сооружениями; при затопленных выпусках на последнем перед водоемом колодце.

На участках, где скорости течения в трубах превышают допустимые, устраивают перепадные колодцы с гасителями или быстроток с повышенной шероховатостью.

На трубопроводах диаметром до 600 мм перепады высотой до 0,3 м допускается устраивать без перепадного колодца путем плавного слива в смотровом колодце. Перепады высотой до 3 м на трубопроводах диаметром 600 мм и более устраивают в виде водослива практического профиля.

Горловины колодцев должны иметь диаметр 700 мм.

В колодцах предусматривается установка ходовых скоб или стремянок.

#### 11.7.5. ВЫПУСКИ, ЛИВНЕОТВОДЫ, ЛИВНЕСПУСКИ. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА НА СЕТИ

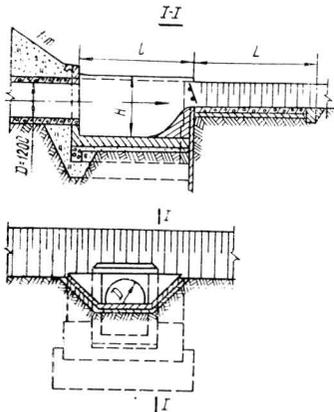
Выпуск дождевых вод не допускается: в поверхностные водотоки, протекающие в пределах населенного пункта, при скоростях течения в них меньше 5 см/с и расходах до 1 м<sup>3</sup>/с; в непроточные пруды и водоемы и в местах, специально отведенных для пляжей; в рыбные пруды (без специального согласования); в замкнутые ложины и низины, подверженные заболачиванию; в размываемые овраги, если проектом не предусмотрены мероприятия по укреплению их русла и берегов.

Выпуски в водоемы размещают в местах с повышенной турбулентностью потока (сужениях, протоках, порогах и т. д.). Конструкции выпусков должны обе-

спечивать наиболее эффективное слияние дождевых вод с водой водоема (рис. III.7.3).

Выпуски, как правило, проектируют незатопленные. Затопленные (подводные) выпуски сооружают из железобетонных или чугунных труб.

Для затопленных выпусков на основании гидравлического расчета определяют выходные скорости и величину возможного подпора в устье сети у камеры водовыпуска.



Ливневотводы предусматриваются: при наличии неукрепленных берегов — в виде выпусков с оголовками (стен с открылками), при наличии набережных — в виде отверстий в подпорных стенах. Во избежание подтопления территорий в случае периодических подъемов уровня воды в водоемах в первом колодце оборудуют специальные затворы.

Ливневспуски имеют вид камер с водосливными устройствами, рассчитанными на сбрасываемый в водоем расход.

В ливневспуках применяют преимущественно прямолинейные боковые водосливы, расчет которых производится по формулам гидравлики.

Рис. III.7.3. Оголовок водовыпуска с перепадом.

Ливневспуски на коллекторах размещают с учетом возможных мест сброса сточных вод в водоемы, а также на основании технико-экономических расчетов и санитарных требований.

Места выпусков дождевых вод в водоемы согласовывают с заинтересованными организациями.

Камеры различного назначения (поворотные, камеры слияния, для устройства пересечений с коммуникациями и т. п.), а также перепадные колодцы, проектируют с применением максимального количества железобетонных сборных элементов в соответствии с типовыми проектами. В местах присоединения к сети дождевой канализации аварийных выпусков из напорных трубопроводов (водопровода, теплотрассы и др.) следует сооружать специальные колодцы вне трассы для обеспечения выпуска воды со скоростью, не превышающей 2 м/с.

Присоединение канав к сети дождевой канализации производится через оголовки с решеткой на трубопроводе, присоединяемом к ближайшему смотровому колодцу, или через смотровой колодец, снабженный решеткой в вертикальной, горизонтальной или наклонной плоскости.

## Глава 8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

### III.8.1. СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Поверхностные сточные воды с внеселитебных территорий, а также с особо загрязненных участков селитебных районов городов (бензоаппарочных станций, стоянок автомашин, крупных автобусных станций и др.) перед сбросом их в водоемы или в сеть дождевой канализации должны подвергаться очистке на локальных или кустовых очистных сооружениях.

Очистные сооружения следует размещать на устьевых участках коллекторов дождевой канализации перед выпуском в водоем. При отсутствии такой возможности в условиях сложившейся застройки очистные сооружения могут быть расположены выше по течению или на наиболее крупных притоках и главному коллектору дождевой канализации.

Строительство очистных сооружений в новых районах должно включаться в проекты строительства коллекторов дождевой канализации. В проектах планировки этих районов должны быть предусмотрены места для размещения очистных сооружений.

При проектировании сооружений для очистки поверхностных сточных вод следует учитывать предельно допустимые накопления загрязнений: слой твердого осадка должен быть не более проектной глубины осадочной части сооружения; слой маслонефтепродуктов не должен превышать 2—5 мм; задержанный в решетках плавающий мусор не должен закрывать площадь прозоров более чем на 50%.

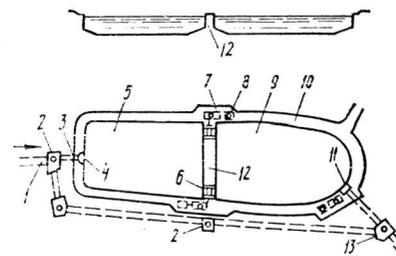
### III.8.2. ТИПЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Для очистки поверхностных сточных вод перед выпуском их в водоем применяют пруды-отстойники, стационарные щитовые ограждения в акватории водоема или сооружения закрытого типа (подземные).

Выбор типа очистного сооружения зависит от площади водосборного бассейна, характера застройки и планировочных условий, перспектив развития коллекто-

Рис. III.8.1. Пруд-отстойник с секцией дополнительного отстаивания:

1 — коллектор дождевой канализации; 2 — распределительная камера; 3 — подводящий трубопровод; 4 — выпуск; 5 — секция отстойника; 6 — поворотная щелевая труба; 7 — емкость для отстаивания маслонефтепродуктов; 8 — водозаборный колодец; 9 — секция дополнительного отстаивания; 10 — подземная дорога; 11 — водосбор; 12 — разделительная дамба; 13 — камера сброса очищенной воды.



ров дождевой канализации. Очистные сооружения должны устраиваться для каждого водосборного бассейна, имеющего самостоятельный выпуск. Допускается создание общих очистных сооружений для нескольких водосборов, объединенных коллектором, подающим воду на указанные сооружения (СН 496-77).

Очистные сооружения оборудуются устройством для улавливания плавающего мусора и нефтепродуктов: съемными решетками и полупогружными щитами. Плавающий мусор задерживается осадочной частью сооружения. Нефтепродукты, задержанные полупогружными щитами, по мере накопления отводятся специальными приспособлениями и трубопроводами в подземные емкости — накопители.

Очистные сооружения состоят из нескольких параллельно или последовательно расположенных секций. В первом случае вода равномерно распределяется по всем секциям, во втором нижняя секция используется для дополнительной очистки воды, прошедшей через верхнюю секцию. Верхняя секция одновременно может служить регулятором расходов, поступающих в нижнюю секцию.

Для подачи воды на очистные сооружения коллектор дождевой канализации оборудуют распределительной камерой, имеющей порог, который направляет воду из коллектора в трубопровод, подводящий ее к очистному сооружению. Высота порога должна соответствовать высоте наполнения коллектора при расчетном расходе воды, направляемой на очистное сооружение. Распределительную камеру рекомендуется устраивать перед перепадом на коллекторе, а при строительстве одновременно коллектора и очистного сооружения перепад следует предусматривать в коллекторе.

Пруды-отстойники могут быть нескольких типов: изолированные от водоема с водосборным устройством (рис. III.8.1), каскадные с двумя последовательными секциями, расположенными в разных уровнях, или устраиваемые на сопряжении с водоемом (рис. III.8.2).

Секции в прудах-отстойниках разделены продольными и поперечными стенами или дамбами. В каждой верхней секции должны быть образованы отсеки для задержания нефтепродуктов, ограждаемые полупогружными щитами. В случае, когда пруд-отстойник разделен на секции поперечными стенами или дамбами, отсеки для задержания нефтепродуктов допускается устраивать только в верхней секции, ис-

пользуя нижнюю для дополнительного отстаивания. Ширину отсеков рекомендуют принимать не менее 6 м, а длину — определять расчетом.

При проектировании прудов-отстойников должна предусматриваться возможность самостоятельной работы каждой секции с помощью специальных устройств по переключению подачи загрязненного стока в одну из секций.

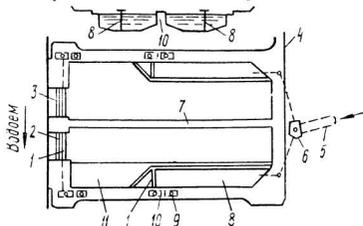


Рис. III.8.2. Пруд-отстойник на сопряжении с водоемом:

1 — приемник маслонефтепродуктов; 2 — полупогруженные щиты; 3 — разборная плотина; 4 — подземная дорога; 5 — коллектор дождевой канализации; 6 — распределительная камера; 7 — разделительная дамба; 8 — отсек для задержания маслонефтепродуктов; 9 — водозаборный колодец; 10 — емкость для отстаивания маслонефтепродуктов; 11 — секция отстойника.

При площади водосборного бассейна не более 100 га допускается устраивать односекционные пруды-отстойники с максимальным отношением ширины сооружения к его длине 1:4.

Стационарные щитовые ограждения устанавливают в русле реки ниже существующих выпусков коллекторов. Постоянный расход и наиболее загрязненная часть поверхностных сточных вод подводится от коллектора к щитовому ограждению трубопроводом или направляющей стеной. В очистных сооружениях такого типа должны полностью задерживаться плавающий мусор и частично нефтепродукты и твердый сток. Глубина погружения стационарных щитов 0,8 м.

Размеры стационарных щитовых ограждений проектируют с учетом условий захода в их акватории плавающих средств с механизмами для очистки от донных отложений и сбора плавающего мусора.

Очистные сооружения закрытого типа (подземные) строят в пределах городской застройки: на выпусках сети дождевой канализации или на устьевых участках притоков к главным коллекторам при площади водосборного бассейна до 300 га.

В зависимости от размеров водосборного бассейна они могут состоять из двух и более секций. Каждая секция сооружения состоит из входной, проточной, осадочной частей и отсека для фильтров доочистки. Загрязненные воды подводятся к очистному сооружению трубопроводами, подключенными к распределительному устройству. На входе очистного сооружения устанавливают решетку с прозорами 10 мм для улавливания и сбора плавающего мусора. Перед выходом воды из проточной части размещают оборудование для сбора и удаления нефтепродуктов в подземные емкости-накопители. Фильтры доочистки используются для задержания эмульгированных нефтепродуктов. Площадь этих фильтров должна быть не меньше площади поперечного сечения проточной части каждой секции сооружения.

В очистных сооружениях закрытого типа должны предусматриваться съемные перекрытия в местах установки фильтров доочистки и мусороулавливающих решеток.

### III.8.3. РАСЧЕТ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА

Массовая концентрация загрязнений поверхностного стока представляет собой сумму массовых концентраций веществ, образующихся под влиянием различных природных и искусственных факторов: плоскостной эрозии грунта, истирания и разрушения покрытий от движения транспорта и пешеходов, выбросов промышленных предприятий, накопления загрязняющих веществ в сухой период.

Массовая концентрация загрязнений (взвешенных веществ), г/л,

$$K_{взв} = \frac{1}{\varphi} \left( 0,1 \frac{q^{0,5} i^{0,2}}{\psi_{ср}} + 0,2 \right),$$

где  $\varphi$  — коэффициент, учитывающий степень благоустройства территории;  $q$  — интенсивность осадков, л/с на 1 га;  $i$  — уклон стоковых площадок.

### Значения коэффициента $\varphi$ , учитывающего степень благоустройства территории

Благоустроенные территории с современной жилой застройкой, регулярной уборкой и поливом улиц	0,90—0,95
Недостаточно благоустроенные территории с регулярной уборкой и поливом улиц	0,65—0,75
Районы, включающие крупные промышленные предприятия	0,55—0,60
Районы с преобладанием усадебной застройки. Недостаточно благоустроенные территории с нерегулярной уборкой улиц	0,45—0,55
Участки с эродирруемыми крутыми склонами или строительными площадками	0,30—0,40

Для определения массовой концентрации загрязнений по БПК<sub>полн</sub> и нефтепродуктов ( $K_{нф}$ ) можно использовать формулы:

$$K_{БПК} = 0,07K_{взв}; \quad K_{нф} = 0,02K_{взв}.$$

### III.8.4. РАСЧЕТ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Гидрологические, гидравлические и санитарно-технические расчеты проектов очистных сооружений должны включать: определение расчетных расходов загрязненной части дождевых вод; расчет среднегодовых объемов поступающих на очистное сооружение сточных вод; определение размеров очистного сооружения; расчет количества загрязнений, задержанных очистным сооружением (СН 496-77).

Исходными данными для расчета очистных сооружений являются: площадь водосборного бассейна в расчетном створе и гидравлический расчет коллектора; расчетные массовые концентрации загрязнений поверхностных сточных вод; требуемая степень очистки стоков. Норму интенсивности стока дождевых вод принимают  $q_c = 4,5$  л/с на 1 га при расчетной продолжительности дождя  $T=20$  мин. В этом случае период превышения расчетной интенсивности дождя будет зависеть от климатических условий географического района.

Расчетный расход определяется как сумма расходов дождевых и других вод, протекающих по коллектору дождевой канализации, при совпадении этих расходов во времени.

Среднегодовой объем дождевых вод, поступающих на очистные сооружения, м<sup>3</sup> на 1 га,

$$W_d = 2,5H_{ж}k_1,$$

где  $H_{ж}$  — среднегодовое количество дождевых осадков, определяемое по данным ближайшей метеостанции, мм;  $k_1$  — коэффициент, учитывающий объем дождевых вод, поступающих на очистные сооружения.

### Значения коэффициента $k_1$ , учитывающего объем дождевых вод (СН 496-77)

$q$	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120	150	200
$k_1$	0,96	0,91	0,87	0,82	0,78	0,75	0,71	0,68	0,65	0,60	0,53	0,45

Среднегодовой объем талых вод, поступающих на очистное сооружение, м<sup>3</sup> на 1 га,

$$W_T = 8H_{в.с}k_2,$$

где  $H_{в.с}$  — средний слой весеннего стока, определяемый по данным ближайшей метеостанции, мм;  $k_2$  — коэффициент, учитывающий объем талых вод, поступающих на очистное сооружение (табл. III.8.1).

Среднегодовой объем моченых вод, м<sup>3</sup> на 1 га,

$$W_M = 1,2W'_M,$$

где  $W'_M$  — объем воды, затрачиваемой на полив и мойку 1 м<sup>2</sup> дорог и тротуаров, который определяют по данным управления городского хозяйства, л в год.

Для приближенных расчетов объем мочных вод допускается принимать равным 150—200 м<sup>3</sup> на 1 га в год.

Количество загрязнений, задерживаемых очистными сооружениями за год, вычисляются исходя из начальной массовой концентрации загрязнений, требуемой степени очистки и объема очищаемой воды отдельно для дождевых, талых, мочных и др. стоков.

### III.8.1. Значения коэффициента $k_{22}$ , учитывающего объем талых вод (СН 496-77)

Вероятность превышения, %	Районы весеннего стока			
	1	2	3	4
50	0,56	0,66	0,8	1
20	0,47	0,56	0,69	0,77
10	0,4	0,47	0,63	0,56
4	0,35	0,41	0,54	0,47
2	0,3	0,37	0,47	0,4

чет производят отдельно для периода весеннего снеготаяния (талые воды) и для теплого периода (дождевые и мочные воды). В случае работы очистного сооружения в зимний период следует учитывать также объем твердого осадка, задерживаемого за это время.

При определении объема и глубины осадочной части очистного сооружения следует учитывать неравномерность распределения слоя осадка на площади. Полученную расчетную глубину осадочной части рекомендуется увеличивать до 30%. Полную глубину сооружения определяют как сумму глубин осадочной и проточной частей и превышения строительной высоты сооружения. Превышение строительной высоты сооружения над расчетным уровнем воды для прудов-отстойников рекомендуется принимать 0,5, для сооружений закрытого типа — 1 м.

Сумма всех потерь напора при прохождении расчетного расхода воды от распределительной камеры до выпуска в низовой участок коллектора или водоема не должна превышать разности горизонтов воды в этих местах.

Потери напора в мусоро- и нефтеуловителях при скорости течения воды 0,01 м/с и менее допускается не учитывать.

Потери напора на фильтрах очистных сооружений закрытого типа достигают 0,25—0,5 м.

## Раздел IV. ИНЖЕНЕРНАЯ ПОДГОТОВКА ЗАТОПЛЯЕМЫХ И ПОДТОПЛЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ

### Глава 9. ЗАЩИТА ПОЙМЕННЫХ И ПРИБРЕЖНЫХ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

#### IV.9.1. ГРАДОСТРОИТЕЛЬНАЯ ОСНОВА ФОРМИРОВАНИЯ ЗАСТРОЙКИ НА ПОЙМЕННЫХ И ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Специфику застройки прибрежных городов отражают такие элементы архитектуры, как крупные общественные центры и жилые образования, морские и речные вокзалы, обширные причалы, набережные, парки, ориентированные на водное пространство.

Объем твердого стока за год, м<sup>3</sup> с 1 га,

$$W_0 = \frac{c \cdot \Delta W}{\gamma \cdot 100} F,$$

где  $c$  — начальное содержание твердых взвешенных частиц, т на 1000 м<sup>3</sup> воды;  $\Delta W$  — степень очистки, %;  $W$  — объем воды, поступающей на очистное сооружение, тыс. м<sup>3</sup> в год;  $\gamma$  — плотность осадка, т/м<sup>3</sup>.

Объем и глубину осадочной части очистного сооружения определяют по суммарному объему твердого стока всех видов сточных вод и частоты очистки. Расчеты производят для периода весеннего снеготаяния (талые воды) и для теплого периода (дождевые и мочные воды). В случае работы очистного сооружения в зимний период следует учитывать также объем твердого осадка, задерживаемого за это время.

Освоение пойменных и прибрежных территорий и их защита предоставляют возможности для размещения аэродромов, предприятий с особым режимом работы, парков автомобилей, а также для прокладки линий скоростного пассажирского транспорта. Чаще всего у береговой линии размещают прогулочные эспланады, общественные учреждения, зеленые массивы общего пользования, сооружения для отдыха и спорта, жилую застройку (в 150—200 м от уреза воды).

В общий планировочный комплекс нового городского образования органично входят карьеры-водоемы, в связи с чем должны предусматриваться меры по их использованию для водного спорта, отдыха, а также в качестве регуляторов поверхностного стока. Площадь таких водоемов может достигать 10—20% общей площади осваиваемого района.

Освоение и градостроительное использование пойменных и прибрежных территорий открывают широкие перспективы для развития городов и обеспечивают решение важнейших народнохозяйственных задач:

- ликвидацию угрозы наводнений и подтопления территорий городов;
- размещение значительной части городского населения в наиболее благоприятных микроклиматических условиях;
- вовлечение новых территориальных резервов при необходимости сохранения ценных лесных массивов и сельскохозяйственных угодий;
- формирование рациональной архитектурно-планировочной структуры городов благодаря размещению их по обоим берегам рек, сокращению транспортных связей между зонами труда, быта и отдыха, а также уменьшению протяженности инженерных коммуникаций;
- воплощение современной градостроительной идеи выхода центра города к берегу моря или реки с целью улучшения архитектурно-художественной выразительности облика города и упрочения связи с водными пространствами;
- преобразование прибрежной полосы с целью улучшения и оздоровления среды обитания.

#### IV.9.2. МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ТЕРРИТОРИЙ ОТ ЗАТОПЛЕНИЯ И ПОДТОПЛЕНИЯ

Освоение пойменных и прибрежных территорий усложнено такими факторами, как периодическое затопление во время паводков и ветровых нагонов, высокий уровень стояния грунтовых вод, наличие плоского рельефа, постоянного притока грунтовых и поверхностных вод с прилегающих территорий. В отдельных случаях оказывают влияние также полпор уровня воды в реке плотинами гидроэлектростанций и изменение амплитуды годовых, сезонных и суточных колебаний уровней в нижних бьефах каскадных водохранилищ.

Затопление территорий может быть временным или постоянным. Временное затопление обычно возникает при продолжительном и интенсивном весеннем снеготаянии, длительном выпадении дождей, в период летнего таяния ледников и вечных снегов в горах или зимних оттепелей, а также при нагонах воды ветрами из морей и др. крупных водоемов. Временное затопление может возникать и при сбросе излишних объемов воды через плотины. Наибольшую опасность представляет затопление при совпадении во времени интенсивного таяния снегов, ливневых дождей и ветровых нагонов.

За расчетный горизонт высоких вод принимают наивысший уровень воды повторяемостью: один раз в 100 лет — для территорий, застроенных или подлежащих застройке жилыми и общественными зданиями, а также промышленными предприятиями; один раз в 10 лет — для территорий парков, плоскостных спортивных сооружений, вспомогательных и складских промышленных объектов. Для городов, расположенных в нижних бьефах водохранилищ, должны учитываться аварийные горизонты на случай разрыва плотины (СНиП II-60-75\*).

Постоянное затопление возникает на территориях, где сооружаются водохранилища. В этом случае наибольший подпорный уровень верхнего бьефа является постоянным (нормальный подпорный горизонт — НПГ).

Временные и постоянные затопления городских территорий сопровождаются повышением уровня грунтовых вод, т. е. подтоплением, а также активизацией в береговой части оползневых процессов, оврагообразования, переформирования берегов.

Выбор методов инженерной подготовки пойменных территорий, подверженных временному затоплению, зависит от гидрологических характеристик водотока, особенностей использования территории, характера застройки. Основные из этих методов следующие:

повышение поверхности территории до расчетных незатопляемых отметок; обвалование территории; обвалование и частичное повышение территории (комбинированный метод); регулирование стока и расходов реки устройством водохранилищ выше города; устройство водоотводящих или разгружающих каналов для пропуска катастрофических расходов; увеличение пропускной способности реки после расчистки, углубления, спрямления русла.

Выбор наиболее рационального инженерного решения определяется архитектурно-планировочными требованиями и технико-экономическим обоснованием. Чаще принимается комплексное решение при первостепенном учете задач народнохозяйственного значения: обеспечения условий судоходства, использования водной энергии, санитарных требований и защиты окружающей среды.

При повышении отметок поймы до незатопляемых появляется возможность этапного (иногда на протяжении десятков лет) освоения территории в соответствии с реальными ассигнованиями и характером застройки. Сводятся к минимальным эксплуатационные расходы, достигающие при строительстве дамб 40—60 р. в год на 1 га защищаемой территории. При этом повышается гарантия незатопляемости в аварийных ситуациях. Вместе с тем применение указанного способа практически невозможно в условиях сложившейся застройки.

Защита территорий дамбами требует выполнения непосредственно перед застройкой практически полного объема работ и значительных одновременных капитальных затрат. С градостроительной точки зрения защита территорий обвалованием не является совершенной, так как дамбы изолируют городскую застройку от водной поверхности, создавая затруднения в устройстве сооружений водного транспорта. Наличие дамб ухудшает обзорность окружающего ландшафта, усложняет выход к реке, исключает из застройки значительные площади. Кроме того, строительство дамб связано с дополнительным сооружением и эксплуатацией дренажной сети и насосных станций.

#### IV.9.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕЗАТОПЛЯЕМЫХ ОТМЕТОК

Расчетные горизонты воды служат исходными данными для определения отметки гребня дамбы и отметок подсыпки или намыва грунта. На малых реках при сравнительно малом распространении затопления расчетная незатопляемая отметка определяется по формуле

$$Z = Z_p + a,$$

где  $Z_p$  — расчетная отметка воды, м;  $a$  — запас, принимаемый не менее 0,5 м. На больших реках, водохранилищах и морях расчетную незатопляемую отметку определяют по формуле

$$Z = Z_p + \Delta h + h_{н.1\%} + a,$$

где  $\Delta h$  — высота ветрового нагона, м;  $h_{н.1\%}$  — высота наката на откос волн обеспеченностью 1 %.

Высоту ветрового нагона находят по данным натурных наблюдений или (при их отсутствии) по формуле (СНиП II-57-75)

$$\Delta h = 2 \cdot 10^{-6} \frac{W^2 D}{gH} \cos \alpha_в,$$

где  $W$  — расчетная скорость ветра на высоте 10 м над уровнем моря, м/с;  $D$  — протяженность охваченной ветром акватории, м;  $H$  — средняя глубина водоема, м;  $\alpha_в$  — угол между продольной осью водоема и направлением ветра, град.

Расчетная скорость ветра для берегоукрепительных сооружений I и II классов составляет 2, III и IV — 4 %.

При расчете прочности и устойчивости берегоукрепительных сооружений расчетную обеспеченность высот волн в системе принимают: для сооружений II класса — 1, III и IV — 5 %.

При определении высоты наката волн расчетную обеспеченность высот волн принимают равной 1 % (СНиП II-57-75).

70

#### IV.9.4. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ВОЛН

Элементы волн рассчитывают с учетом деления водоемов на такие зоны (СНиП II-57-75):

глубоководная ( $H > 0,5 \bar{\lambda}_{гд}$ ), где дно не влияет на основные характеристики волн;

мелководная ( $0,5 \bar{\lambda}_{гд} \geq H > H_{кр}$ ), где дно оказывает влияние на развитие волн и на основные их характеристики до глубины, при которой происходит первое обрушение волн;

##### IV.9.1. Зависимость коэффициентов $k_\Delta$ и $k_{нп}$ от типа крепления откоса (СНиП II-57-75)

Крепление откоса	Относительная шероховатость $\frac{\Delta}{h_{1\%}}$	$k_\Delta$	$k_{нп}$
Бетонные (железобетонные) плиты Гравийно-галечниковое, каменное или бетонное (железобетонные блоки)	—	1	0,9
	Менее 0,002	1	0,9
	0,05 0,01	0,85	0,85
	0,02	0,9	0,8
	0,05	0,8	0,7
	0,1	0,75	0,6
Более 0,2	0,7	0,5	

прибойная ( $H_{гд} \geq H > H_{кр}$ ), где начинается и завершается разрушение волн; приурезовая ( $H < H_{кр}$ ), где происходит накат волн на берег.

Высота наката на откос фронтально подходящих волн при глубине  $H \geq 3h_{гд.1\%}$ ,  $H \geq 2h_{1\%}$

$$h_{н.1\%} = k_\Delta k_{нп} k_c k_{нр} h_{1\%},$$

где  $h_{1\%}$  — высота бегущей волны обеспеченностью 1 %, м;  $h_{гд.1\%}$  — высота бегущей волны при глубине  $H \geq 0,5 \bar{\lambda}$  обеспеченностью 1 %, м;  $k_\Delta$  и  $k_{нп}$  — коэффициенты, принимаемые по табл. IV.9.1;  $k_c$  — коэффициент, принимаемый в зависимости от значения коэффициента откоса  $m$  (см. ниже);  $k_{нр}$  — коэффициент, определяемый по графикам на рис. IV.9.1 (при глубине  $H = 2h_{1\%}$  значение  $k_{нр}$  принимается для значения пологости, указанного в скобках при глубине  $H = 2h_{1\%}$ ).

##### Зависимость коэффициента $k_c$ от коэффициента откоса $m$ (СНиП III-57-75)

$m$	0,4	0,4—2,0	3,0—5,0	Более 5
$k_c$ :				
при $v \geq 20$ м/с	1,3	1,4	1,5	1,6
при $v \leq 10$ м/с	1,1	1,1	1,1	1,2

При подходе фронта волны к сооружению под углом  $\beta$  высоту наката волн следует умножить на коэффициент  $k_\beta$ .

##### Зависимость коэффициента $k_\beta$ от величины угла $\beta$ подхода фронта волны к сооружению $\beta$ (СНиП II-57-75)

$\beta$ , град	0	10	20	30	40	50	60
$k_\beta$	1	0,98	0,96	0,92	0,87	0,82	0,76

Среднюю высоту  $\bar{h}_{гд}$  и средний период  $\bar{T}$  волн в глубоководной зоне определяют по верхней огибающей кривой на рис. IV.9.2. По безразмерным величинам  $\frac{gt}{W}$  и  $\frac{gD}{W^2}$  находят соотношения  $\frac{g\bar{h}_{гд}}{W^2}$  и  $\frac{g\bar{T}^2}{W}$  и по меньшим их значениям

71

определяют величины  $\bar{h}_{гд}$  и  $\bar{\tau}$  ( $t$  — продолжительность действия ветра, ч).  
Средняя длина волны в глубоководной зоне

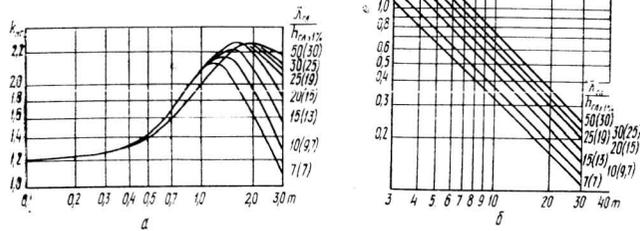
$$\bar{\lambda}_{гд} = \frac{g\bar{\tau}^2}{2\pi}$$

В мелководной зоне с уклоном дна 0,002 и более высоту волн 1%-ной обеспеченности определяют по формуле

$$h_{1\%} = k_{\tau} k_p k_n k_{1\%} \bar{h}_{гд}$$

Рис. IV.9.1. Определение значений коэффициента  $k_{нп}$ :

$a$  — при значениях коэффициента откоса  $m=0,1-0,3$ ;  $b$  — то же при  $m$  = свыше 3 до 40.



где  $k_{\tau}$  — коэффициент трансформации волн, определяемый по графику 1 на рис. IV.9.3;  $k_p$  — коэффициент рефракции волн;  $k_n$  — коэффициент, учитывающий потери энергии волн.

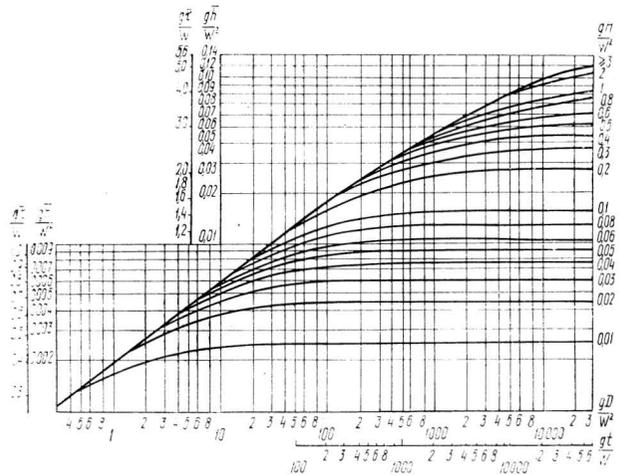


Рис. IV.9.2. Определение средних значений высоты и периода волн в мелководной и глубоководных зонах.

Длину волн, перемещающихся из глубоководной зоны в мелководную, можно определить по графику (рис. IV.9.4) при заданных параметрах  $\frac{H}{\lambda_{гд}}$ .

Коэффициент рефракции волн

$$k_p = \sqrt{\frac{s_0}{s}}$$

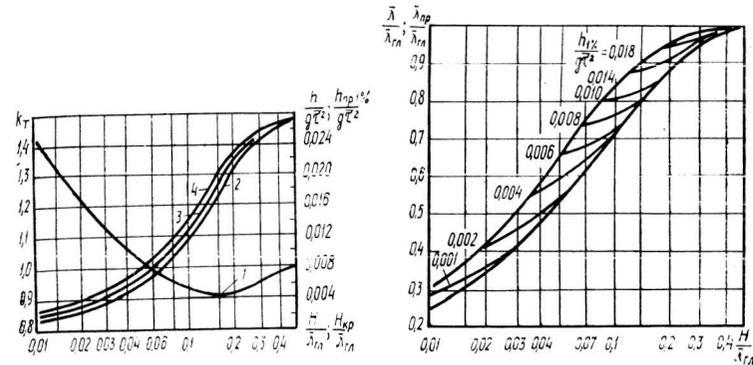


Рис. IV.9.3. Определение коэффициента  $k_{\tau}$  (1) и величины  $\frac{H_{кр}}{\lambda_{гд}}$  (2—4).

Рис. IV.9.4. Определение длины волны в мелководной зоне.

где  $s_0$  и  $s$  — расстояния между волновыми лучами в глубоководной и расчетной зонах.

Волновые лучи на плане рефракции в глубоководной зоне находят по заданному направлению распространения волн, в мелководной зоне — согласно графикам, приведенным на рис. IV.9.5.

Коэффициент  $k_n$  определяют по заданным величинам  $\frac{H}{\lambda_{гд}}$  и уклонам дна (табл. IV.9.2).

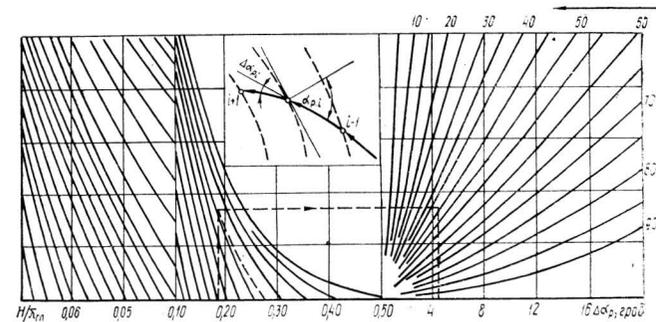


Рис. IV.9.5. График для расчета рефракции волн.

В мелководной зоне с уклонами дна 0,001 и менее величины  $\bar{h}$  и  $\bar{\tau}$  находят по графикам рис. IV.9.2.

**IV.9.2. Зависимость коэффициента  $k_n$  от относительной глубины водоема  $H/\bar{\lambda}_{гд}$  и уклона дна (СНиП II-57-75)**

Относительная глубина $\frac{H}{\bar{\lambda}}$	Значение $k_n$ при уклоне дна 1:m*		Относительная глубина $\frac{H}{\bar{\lambda}}$	Значение $k_n$ при уклоне дна 1:m*	
	0,025	0,02—0,002		0,025	0,02—0,002
0,01	0,82	0,66	0,1	0,93	0,86
0,02	0,85	0,72	0,2	0,96	0,92
0,03	0,87	0,76	0,3	0,98	0,92
0,04	0,089	0,78	0,4	0,99	0,98
0,06	0,9	0,81	0,5	1	1
0,08	0,92	0,84			

\* При уклоне дна 1:m = 0,03  $k_n=1,0$ .

Высоту волны 1%-ной обеспеченности вычисляют, умножая значения средней высоты волн  $\bar{h}$  на наименьшее значение коэффициента  $k_{1\%}$ .

Зависимость коэффициента  $k_{1\%}$  от величин соотношений  $\frac{gD}{W^2}$

и  $\frac{gH}{W^2}$  (СНиП II-57-75)

$\frac{gD}{W^2}$	1000	2000	4000	6000	8000	10 000	12 000
$\frac{gH}{W^2}$	0,09	0,16	0,33	0,50	0,67	0,82	1,0
$k_{1\%}$	2,14	2,20	2,30	2,35	2,39	2,42	2,43

Определив по соотношению  $\frac{H}{\bar{\lambda}_{гд}}$  величину  $\frac{h_{пр.1\%}}{g\bar{\tau}^2}$ , по графикам 2—4 на рис.

IV.9.3 для заданных уклонов дна находят высоту волн в прибойной зоне  $h_{пр.1\%}$ . Длину волн в этой зоне  $\bar{\lambda}_{пр}$  определяют по верхней огибающей кривой на рис. IV.9.4.

Критическую глубину  $H_{кр}$  при первом обрушении для заданных уклонов дна находят по графикам 2—4 на рис. IV.9.3. Для этого предварительно по величине

$$\frac{h_{1\%}}{g\bar{\tau}^2} \text{ определяют соотношение } \frac{H_{кр}}{\bar{\lambda}_{гд}}$$

Критическая глубина, соответствующая последнему обрушению волн,

$$H_{кр} = k_m^{n-1} H_{кр},$$

где  $k_m$  — коэффициент, принимаемый в зависимости от уклона дна;  $n$  — число обрушений (включая первое);  $n=2, 3$ , и 4 при выполнении неравенств  $k_m^{n-2} \geq 0,43$  и  $k_m^{n-1} < 0,43$ .

**Зависимость коэффициента  $k_m$  от уклона дна (СНиП II-57-75)**

Уклон дна 1:m	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	0,045	0,05
$k_m$	0,75	0,63	0,56	0,50	0,45	0,42	0,40	0,37	0,35

При уклоне дна более 0,05 следует принимать  $H_{кр} = H_{кр}$ .

Высоту и длину волн в прибойной зоне можно определить в зависимости от количества обрушений при известной величине  $\frac{h_{1\%}}{g\bar{\tau}^2}$  (рис. IV.9.6).

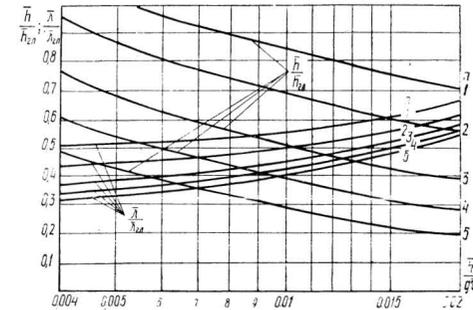


Рис. IV.9.6. Определение параметров волн при  $n$ -м обрушении волн.

Число обрушений  $n$  зависит от волн  $h_{1\%}$  (при уклонах дна менее 0,002 принимают  $n+1$ ).

**Зависимость числа обрушения волн от высоты волны  $h_{1\%}$**

Высота волны $h_{1\%}$ , м	2—2,5	2,51—4,0	4,1—6,0	6,1—8,0	Более 8
Число обрушений $n$	1	2	3	4	5

**IV.9.5. НЕЗАТОПЛЯЕМЫЕ ДАМБЫ ОБВАЛОВАНИЯ**

Для защиты населенных пунктов, промышленных предприятий и сельскохозяйственных угодий от затопления в межливневый период и во время высоких паводков строят незатопляемые дамбы обвалования.

Обвалование территорий требует меньших объемов земляных работ по сравнению со сплошной подсыпкой. Однако наличие дамб затрудняет поверхностный сток, усложняет понижение уровня грунтовых вод и требует устройства насосных станций и регулирующих бассейнов (рис. IV.9.7).

При проектировании обвалования разрабатывают несколько вариантов трасс дамб, выбирая оптимальный на основании сравнения технико-экономических показателей, включающих расходы по реконструкции планировки и застройки города на затопляемой территории. Трассы дамб должны иметь минимальную протяженность.

Расстояние дамб от берега зависит от устойчивости русла, условий подмыва береговых склонов, поперечного уклона территории, планировочных решений, а также степени сжатия русла при прохождении высоких вод.

При проектировании дамб из грунтовых материалов следует учитывать: зерновой состав, границы пластичности, удельный вес частиц грунта, влажность, коэффициент фильтрации, угол внутреннего трения, удельное сцепление, коэффициент уплотнения и показатели фильтрационной прочности.

В практике применяют земляные насыпные и намывные дамбы из однородного грунта. Использование песчаных грунтов для этих целей допускается при обеспечении фильтрационной устойчивости грунтов дамбы.

Поперечный профиль дамбы представляет собой трапецию (рис. IV.9.8).

Уклон откосов дамбы определяют с учетом физико-механических характеристик грунтов, действующих на откосы сил, высоты дамбы, условий производства работ по ее возведению и эксплуатации. Для невысоких земляных сооружений коэффициенты верхового и низового откосов рекомендуется принимать по табл. IV.9.3.

Бермы следует предусматривать на верховом откосе в конце крепления для создания упора, на низовом откосе — для служебного проезда, сбора и отвода поверхностного стока.

Ширина гребня дамбы устанавливается в зависимости от условий производства работ и эксплуатации, но не менее 3 м (с уширением через 300—400 м). При исполь-

зовании дамбы в качестве городской улицы или дороги, бульвара или пешеходной аллеи ширину гребня определяют расчетом. По откосам дамбы устраивают лестницы или пешеходные пандусы с уклоном 6%.

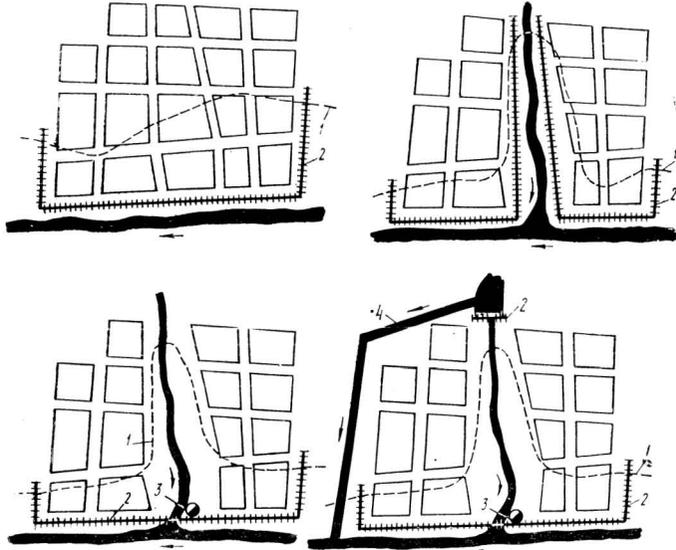


Рис. IV.9.7. Обвалование затопляемой территории:  
1 — граница затопления; 2 — трасса дамбы обвалования; 3 — насосная станция; 4 — обводный канал.

Для защиты верхового откоса допускается применять каменные, бетонные монолитные, железобетонные сборные, асфальтобетонные и биологические крепления. За верхнюю границу крепления следует принимать гребень дамбы. Нижняя его граница должна находиться на глубине  $H_r = 2h_{1\%}$ .

Для крепления низового откоса можно использовать одерновку (сплошную или в клетку), посев трав по слою растительной земли толщиной 0,2—0,3 м, отсыпку слоя щебня или гравия толщиной 0,2 м и т. д.

#### IV.9.3. Значения коэффициентов верхового и низового откосов дамб

Откос	Коэффициент откосов при высоте дамбы, м					
	Менее 5		5—10		10—15	
	Грунты тела дамбы					
	глинистые	песчаные	глинистые	песчаные	глинистые	песчаные
Верховой	2,0	2—2,5	2,5	2,5—3	3,0	3,0
Низовой: с дренажем без дренажа	1,5	2,0	1,75	2,0	1,75	2,0
	1,75	2,0	2,0	2,25	2,25	2,25

Для уменьшения фильтрации устраивают противофильтрационные устройства (экраны, ядра, понуры) из маловодопроницаемых грунтов (преимущественно глинистых) с коэффициентом фильтрации  $k_{\phi} \leq 10^{-4}$  см/с.

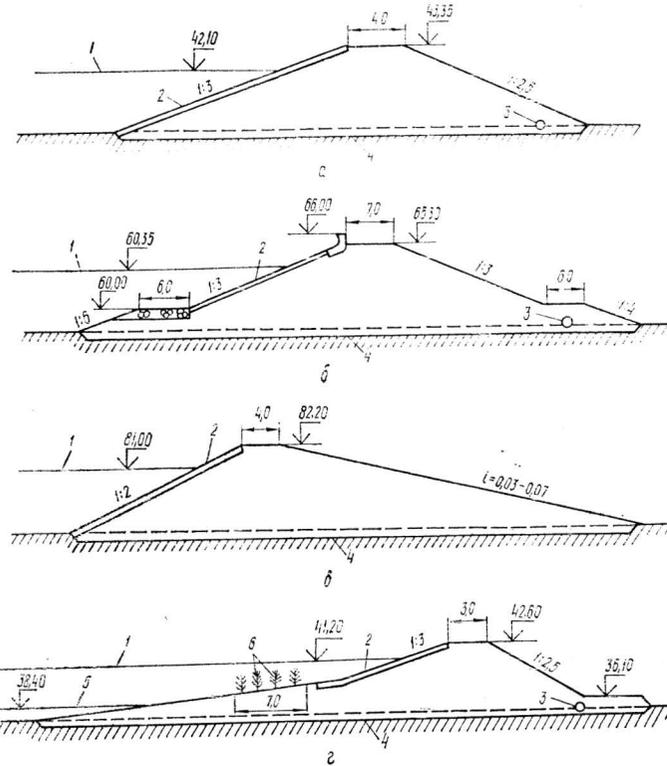


Рис. IV.9.8. Поперечный профиль дамбы:  
а—б — соответственно обычная, с бермами, пологими низовым и верховым откосами; 1 — расчетный горизонт воды; 2 — крепление дамбы; 3 — дренаж; 4 — основание дамбы; 5 — межвенный горизонт воды; 6 — биологическое крепление.

Для защиты городских территорий от затопления можно применять дамбы обжатого профиля (рис. IV.9.9 на с. 78). Напорный откос дамбы выполняют в виде подпорных волноотбойных стен. Для исключения выходов фильтрационного потока на низовой откос, предотвращения фильтрационных деформаций, а также для отвода воды, фильтрующейся через тело плотины, предусматривается устройство дренажа.

#### IV.9.6. ФИЛЬТРАЦИОННЫЙ РАСЧЕТ НЕЗАТОПЛЯЕМЫХ ДАМБ

Фильтрационный расчет дамб выполняют для установления положения депрессионной кривой в теле дамбы и определения фильтрационного расхода воды. Основные схемы к фильтрационным расчетам приведены на рис. IV.9.10, а—в.

Удельный расход фильтрации для случая *a*

$$q = k_{\phi} \frac{H^2}{2L_p}$$

где  $k_{\phi}$  — коэффициент фильтрации грунта тела дамбы, м/сут;  $H$  — глубина воды перед дамбой, м;

$$L_p = L + \Delta L_B; \quad \Delta L_B = \beta H;$$

$$\beta = \frac{m_1}{2m_1 + 1}$$

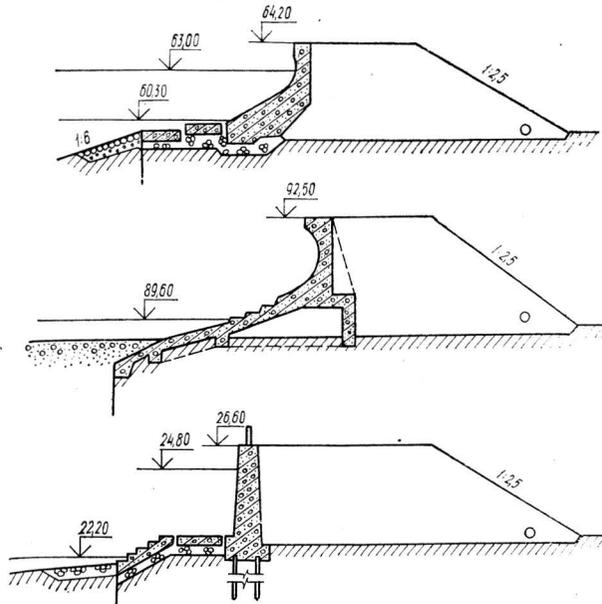


Рис. IV.9.9. Дамбы обжатого профиля (к стр. 77).

Положение кривой депрессии

$$y = \sqrt{2 \frac{q}{k_{\phi}} (L - x + L_{др})}$$

где  $L$  — расстояние до начала обсыпки, м;  $L_{др}$  — расстояние от начала обсыпки до оси дрены, м;

$$L_{др} = 0,5 \frac{q}{k_{\phi}}$$

Удельный расход фильтрации для случая *б*

$$q = k_{\phi} \frac{H_1^2 - H_2^2}{2L_p}$$

где  $L_p = L + \Delta L_B + L_{др}$ ;  $\Delta L_B = 0,4H_1$ ;  $L_{др} = \frac{(H_1 - H_2)^2}{8L}$ .

Положение кривой депрессии

$$y = \sqrt{2 \frac{q}{k_{\phi}} (L + L_{др} - x + 0,4H_1) + H_2^2}$$

Удельный расход фильтрации для случая *в*

$$q = k_{\phi} \frac{H^2}{2L_p} + k'_{\phi} T \frac{H}{L_p + 0,4T}$$

где  $L_p = L + \Delta L_B$ ;  $\Delta L_B = \frac{\sigma x_2 + \alpha_1 x_1}{\sigma + \alpha_1}$ ;

$$\sigma = \sqrt{\frac{k'_{\phi}}{k_{\phi}}}; \quad \alpha_1 = 2m_1 \frac{H}{T} + \frac{1,32}{m_1} - 1;$$

$$\alpha_2 = \frac{m \cdot H}{2m + 1}; \quad \alpha_3 = mH + 0,4T.$$

Положение кривой депрессии между сечением I—I и дренажем

$$y = \frac{y_1^2}{T} \sqrt{\left[ \left( \frac{T}{y_1} \right)^2 - 1 \right] \left( 2 \frac{L - x}{T} + 1 \right)}$$

Рис. IV.9.10. Схемы к фильтрационным расчетам:

*a* — однородная дамба на водонепроницаемом основании; *б* — дамба на водопроницаемом основании конечной мощности при  $k_{\phi} = k'_{\phi}$ ; *в* — то же при  $k_{\phi} < k'_{\phi}$ .

между сечением I—I и осью ординат

$$y = \sqrt{2 \frac{q}{k_{\phi}} (L - T/2 - x) + \left( y_1 + \frac{k'_{\phi}}{k_{\phi}} T \right)^2 - \frac{k'_{\phi}}{k_{\phi}} T};$$

$$y_1 = \sqrt{\left( \frac{k'_{\phi}}{k_{\phi}} \cdot \frac{T}{2} \right)^2 + T \frac{q}{k_{\phi}} - \frac{k'_{\phi}}{k_{\phi}} \cdot \frac{T}{2}}$$

Полный расход фильтрации через дамбу обвалования, м<sup>3</sup>/сут, определяют как сумму удельных расходов на отдельных ее участках длиной  $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$  при средних напорах воды  $H_1, H_2, H_3, \dots, H_n$  по формуле

$$Q = q_1 l_1 + q_2 l_2 + q_3 l_3 + \dots + q_n l_n.$$

#### IV.9.7. ЗАТОПЛЯЕМЫЕ ДАМБЫ ОБВАЛОВАНИЯ

При постоянных небольших по сравнению с паводковыми подъемами уровней воды для защиты городских территорий, расположенных в верховьях водохранилищ, пойменных парковых и сельскохозяйственных земель, используют затопляемые дамбы,

строительство которых позволяет в ряде случаев обойтись небольшими объемами работ.

Затопляемые дамбы применяют также как временное мероприятие для защиты малоценной и ветхой застройки, подлежащей замене на капитальную, а также в противомаларийных и общесанитарных целях.

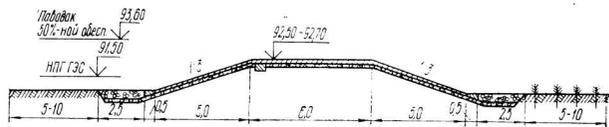


Рис. IV.9.11. Поперечный профиль затопляемой дамбы.

Затопляемые дамбы в комплексе сооружений противопаводковой защиты территорий могут служить для срезки паводковой волны. Строительство аварийных водохранилищ на естественных понижениях местности (лугах, пастбищах, староречьях) для аккумуляции паводковых вод во время пиков позволяет снижать максимальные горизонты, ликвидировать угрозу затопления ценных сельскохозяйственных земель, городских и промышленных объектов.

Особенности работы затопляемых дамб — их периодическое затопление во время паводков и перелив воды через гребень с большими перепадами. Для предотвращения разрушения дамб при переливе воды их откосы и гребень укрепляют.

Опасные последствия перелива воды через гребень дамб во время подъема, а также спада уровней весеннего половодья могут быть сведены к минимуму при предварительном заполнении водой защищаемой территории стоком местного водосбора или из водохранилища через специальные шлюзы. После спада паводка воду с обвалованной территории откачивают насосные станции. Режим уровней грунтовых вод в меженный период регулируется дренажно-осушительной сетью.

При проектировании защиты территорий затопляемыми дамбами необходимо определить отметки гребня дамб, количество шлюзов, сооружаемых для равномерного затопления и пропуска воды по затопленной пойме во время паводка, производительность насосной станции, а также произвести осушительные работы на массиве после спада паводка в установленные сроки.

В плановом положении затопляемые дамбы трассируют по береговой повышенной части поймы — приустьевому валу, на защищенных от действия волн участках водохранилища.

Отметку гребня дамбы и производительность насосной станции определяют исходя из следующих основных положений:

аккумулируемый в обвалованной территории ниже гребня дамбы объем воды необходимо откачать до бытового меженного уровня к сроку, к которому пойма в естественных условиях освобождается от воды;

превышение гребня дамбы над максимальным горизонтом суточного регулирования ГЭС должно быть минимальным — в пределах 0,5—0,7 м при отсутствии волны;

продольный уклон гребня должен быть несколько круче уклона реки для обеспечения постепенного затопления дамбы с низовой стороны массива, без переливов, с большими перепадами.

Количество шлюзов, сооружаемых через 2—3 км по длине дамб, определяют исходя из обеспечения расчетной разности уровней в реке и на массиве, не превышающей 20—30 см при подъеме паводка с максимальной скоростью. Шлюзы в плане по трассе дамбы размещают равномерно в местах пересечений протоков — прорв, староречьях и пониженных участках поймы.

Затопляемые дамбы обычно имеют правильные трапециевидное поперечное сечение с откосами 1:2—1:3 в зависимости от высоты и продолжительности затопления. Ширину гребня определяют исходя из условий обеспечения проезда транспорта.

Откосы, гребень и упорные плиты дамб в основании крепят монолитным и сборным железобетоном, каменной наброской и биологическим способом. В местах проливов и староречий рекомендуется применять усиленный тип крепления (рис. IV.9.11).

#### IV.9.8. РЕГУЛИРОВАНИЕ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ И РУСЛ МАЛЫХ РЕК

Защита от затопления методом регулирования стока, или трансформации максимальных расходов осуществляется в период наибольших расходов и наивысших уровней пропуском в нижний бьеф водохранилища только таких расходов, которые соответствуют уровню воды в реке ниже незатопляемой

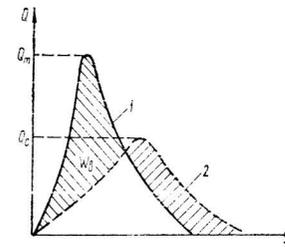


Рис. IV.9.12. Изменение максимального расхода воды при аккумуляции:

1 — гидрограф притока; 2 — гидрограф сброса через сооружение.

отметки городской территории. Сбросный расход воды в сооружении  $Q_c$  зависит от размеров водопропускного сооружения, глубины воды перед сооружением, объема аккумулирующего водоема  $W_b$ , рельефа местности, максимального расхода паводка  $Q_m$ , формы гидрографа и расчетного объема паводочного стока  $W_p$ .

При расчетах сбросного расхода воды  $Q_c$  применяют линейную схематизацию гидрографа в виде треугольника или трапеции (рис. IV.9.12). Для малых рек приближенное значение

$$Q_c = Q_m \left( 1 - \frac{W_b}{W_p} \right).$$

Увеличение пропускной способности русла реки может быть достигнуто расширением и углублением его, а также спрямлением излучин. При углублении русла во избежание размыва на участках с увеличенным вверх по течению продольным уклоном и подпора со стороны низшего нерегулируемого участка величина продольного уклона должна быть рассчитана по формуле Шези:

$$i_{\text{доп}} = \frac{v^2}{C^2 R},$$

где  $v$  — средняя незаилающая для низового и неразмывающая для верхового участков скорость течения, м/с;  $C$  — коэффициент Шези;  $R$  — гидравлический радиус, м.

Указанный метод применяется на малых реках с небольшими площадями водосбора.

#### IV.9.9. ОСОБЕННОСТИ НАМЫВНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

К намывным относятся территории, которые образованы из грунтов, нанесенных потоком и уложенных по специальной технологии с целью получения площадей с заданными геометрическими размерами и физико-механическим составом грунтов.

Намыв территорий, как правило, осуществляют в прибрежных зонах пойменных террас равнинных рек и берегов водохранилищ, а также на побережьях морей. Границы береговой полосы устанавливают исходя из условий строительства, конфигурации отелей и возможности транспортирования грунта.

При выборе отметок намывной территории предварительно определяют повышение уровня грунтовых вод в прибрежной полосе во время паводков и половодий.

Отметки намыва территории должны удовлетворять требованиям: вертикальной планировки и поверхностного водоотвода; развития самотечной водосточной и канализационной сети; обеспечения пересечений коллекторов различного назначения, транспортных тоннелей, подземных переходов и т. д.; обеспечения нормы осушения и удовлетворительных условий эксплуатации всего подземного хозяйства; нормального произрастания древесно-кустарниковой растительности.

Прогнозирование уровней грунтовых вод на намывных территориях производится на основании решения уравнения их балансов в новых условиях с учетом влияния застройки в многолетней перспективе.

При планировке жилых районов на намывных территориях должна производиться технико-экономическая оценка выбранной схемы и методов инженерной подготовки с целью обеспечения снижения объемов и стоимости гидромеханизированных работ.

#### IV.9.10. СХЕМЫ И СПОСОБЫ НАМЫВА

При выборе схемы инженерной подготовки намывной территории существенное значение имеют расположение (линейное, островное, полуостровное, бухтовое) осваиваемого участка по отношению к коренному берегу (склону поймы) и его конфигурация.

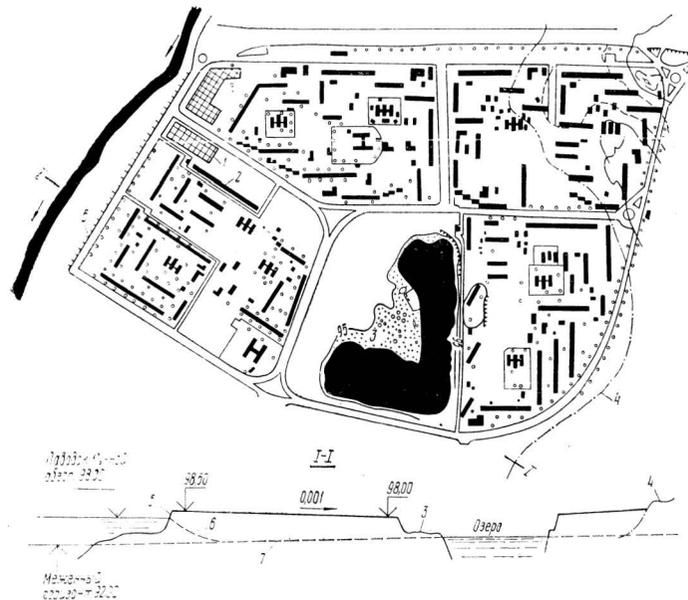


Рис. IV.9.13. Линейное расположение намывной территории:  
1 — общественный центр прибрежной зоны; 2 — площадка жилого комплекса; 3 — зеленая зона; 4 — граница надпойменной террасы; 5 — набережная; 6 — горизонт грунтовых вод при паводке 1%-ной обеспеченности; 7 — депрессионная кривая горизонта грунтовых вод.

При линейном расположении намывной территории (рис. IV.9.13) чередуются планировки широких зеленых выходов к реке и площадок жилых комплексов с высокой плотностью застройки. В этом случае намыв может производиться дифференцированно для каждой зоны с применением различных видов грунтов при разной высоте намывных слоев. Могут быть организованы также схемы намывных карт с отмывом мелких фракций в зеленых зонах.

Островное расположение территории (рис. IV.9.14) предполагает создание центрального водораздела, где размещают основную массу застройки. В прибрежной зоне располагают зеленые массивы. На этой части территории допускается

кратковременное затопление во время паводков. В целях сокращения объемов земляных работ поверхности подсыпки придают уклон к реке 0,001—0,0015.

При полуостровном или бухтовом расположении намывной территории большое значение имеют гидрологический режим реки и гидрогеологические условия надпойменной и создаваемой территорий. Полуостровное расположение поз-

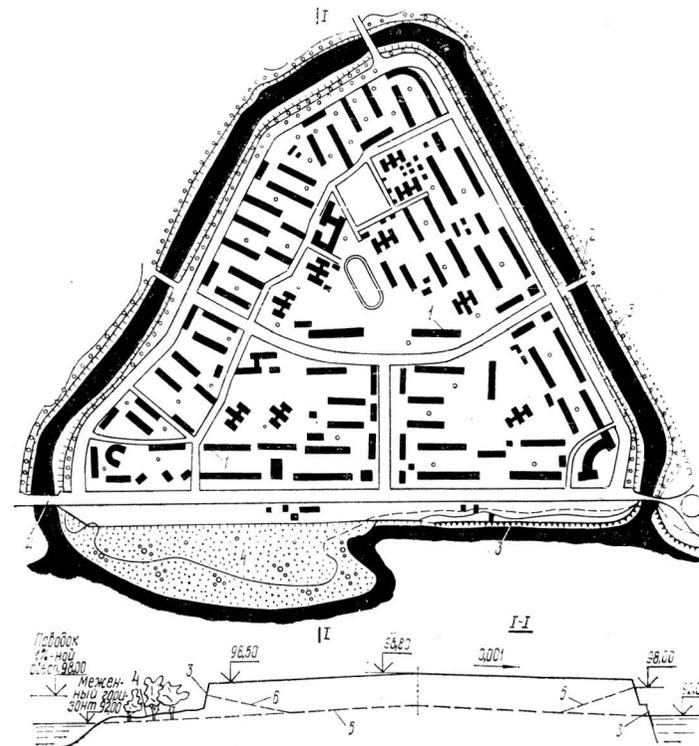


Рис. IV.9.14. Островное расположение намывной территории:  
1 — жилая застройка; 2 — мосты; 3 — набережная; 4 — зеленая зона; 5 — депрессионная кривая горизонта грунтовых вод; 6 — горизонт грунтовых вод при паводке 1%-ной обеспеченности.

воляет применить наиболее перспективную, объединяющую преимущества методов обвалования и намыва комбинированную схему инженерной подготовки — обвалование и частичное повышение территории. При этом береговую полосу шириной 50—100 м приподнимают для защиты массива от затопления при высоких паводках и аварийных горизонтах (рис. IV.9.15). Уклон низового откоса приподнятой береговой полосы со стороны застройки принимают равным 0,02—0,03 по всей ширине.

Комбинированная схема намыва (рис. IV.9.16) позволяет осуществить двухъярусное построение ядра общественного центра нового жилого образования: на

платформе, сопрягающей гребень дамбы обвалования с естественной поверхностью земли, размещают учреждения центра, а под ней — транспортные и инженерные коммуникации. Такое решение обеспечивает непосредственный выход центра города к реке при минимальных объемах работ по повышению территории.

Важным элементом проектирования при комбинированной схеме инженерной подготовки, определяющим в конечном счете стоимость всех работ, является выбор отметки повышения основной территории будущей застройки. Особое внимание при этом должно быть уделено профилактическим мерам по предотвращению затопления массива со стороны прилегающих надпойменных территорий и местных водотоков. Для аккумуляции внутреннего стока сооружают специальные водоемы,

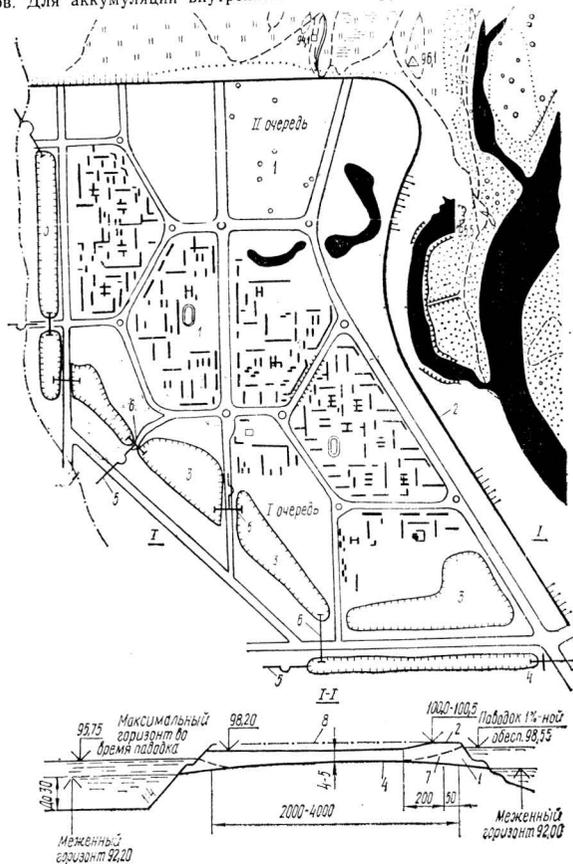


Рис. IV.9.15. Полуостровное расположение намывной территории (комбинированная схема):

1 — застройка; 2 — приподнятая прибрежная полоса; 3 — внутренняя акватория; 4 — шлюз; 5 — водоток нагорной части города; 6 — перепускные трубы; 7 — кривая горизонта воды при наводке 1%-ной обеспеченности; 8 — сплошной гидронамыв.

служащие одновременно карьерами грунта для намыва. Учитывая недостаточную проточность таких открытых водоприемников в тыловой части территории, следует принимать меры против их засорения поверхностными и осветленными при намыве водами. Указанные водоемы размещают в защитных зонах промышленных районов и оборудуют как декоративные пруды.

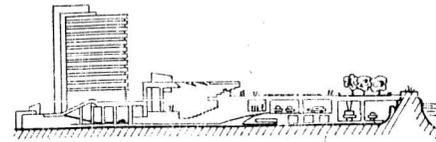


Рис. IV.9.16. Двухъярусное построение ядра общественного центра при комбинированной схеме намыва территории.

При любой схеме намыва территории необходимо предусматривать повышение ее надежности в будущем (полноту прибрежной полосы, расширение внутренних акваторий, резервирование площадок для насосных станций и т. д.) в случае изменения функционального значения территории или повышения максимальных расчетных горизонтов воды.

Намыв территории производят низкоопорным, послойно-грунтовым, продольно-торцевым или эстакадным способом. Наиболее распространен безэстакадный торцевой способ намыва с сосредоточенным выпуском пульпы при прямом и обратном-поступательном перемещении фронта намыва. Выпуск пульпопровода располагают не ближе 20—30 м к коммуникациям, ранее уложенным в перпендикулярном направлении в полувыемке-полунасыпи, не ближе 6—8 м при параллельном. Во избежание подмыва сооружений пульпопроводы рекомендуется систематически наращивать для создания широкого сектора намыва либо регулировать направление и силу потока пульпы с помощью расскателей, или валов-гасителей из намывных грунтов.

Свайные фундаменты на намывных территориях сооружают в два этапа: на первом этапе — до намыва грунта — погружают все сваи в подстилающий слой, на втором — намывают слой грунта проектной толщины. При наличии технической документации и средств прокладку инженерных коммуникаций и устройство свайных оснований осуществляют до намыва — методом стадийного строительства «по вертикали». Разработку карьеров в руслах рек производят с учетом сохранения устойчивости русла, судового хода и экологии соответствующего участка реки.

В зависимости от баланса грунта и планировочного решения площадь карьеров может составлять 10—20%.

Подводную часть откосов обрабатывают и профилируют земснарядом с проектным уклоном не более 1:4 (1:5) до полной глубины. На глубине 2—3 м от нормального уровня в водоеме сооружают горизонтальную полку шириной 15—20 м. При больших объемах работ (5—10 млн. м<sup>3</sup>) могут быть сооружены гребные каналы.

Для уменьшения площади замкнутых карьеров их разрабатывают на глубину 25—30 м и более, на всю мощность слоя аллювиальных песков. Для предупреждения прорыва бортов такие карьеры удаляют от русла (или соседних водоемов) на расстоянии 400—500 м в зависимости от конкретных условий, организуя их подпитку водой для обеспечения нормальной работы земснарядов.

#### IV.9.11. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА НА НАМЫВНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Объемы работ по освоению намывных территорий и архитектурно-планировочное решение новых жилых образований определяют генпланом развития города.

Проекты планировки, инженерной подготовки будущей территории строительства и нулевых циклов должны быть разработаны до начала намывных работ. Это позволяет осуществлять прокладку коммуникаций в процессе намыва при значительном сокращении объемов земляных работ и их трудоемкости; определять места размещения зданий различной этажности и участков под зеленые насаждения; эффективно управлять качеством намыва оснований под здания и сооружения.

Намывные грунты — составная часть многослойных оснований, подразделяемых на три типа. К I типу относят намывные слои, формирующиеся на песчаных грун-

нарушение режимов поверхностного стока (изменение рельефа, снятие растительного слоя, неправильное расположение зданий и сооружений, т. е. нормально к направлению уклона местности и потока грунтовых вод, и др.);

изменение условий инфильтрационного питания, природной структуры грунтов, температурного и влажностного режимов в зоне аэрации;

уменьшение поверхности испарения (в связи с застройкой территории влажность грунтов под зданиями увеличивается до значения максимальной молекулярной влагоемкости, особенно под внутренними фундаментами, и дополнительно конденсирующаяся влага инфильтруется в нижележащие слои);

изменение условий разгрузки и бокового питания грунтовых вод (в отдельных случаях фиксируется снижение уровня грунтовых вод интенсивной откачкой из нижележащих горизонтов);

низкое качество строительных работ и неправильная эксплуатация предприятий (незавершенность вертикальной планировки, вызывающая аккумуляцию атмосферных осадков, наличие котлованов, траншей, резервуаров, сброс промышленных стоков в грунт, устройство поглощающих колодцев);

утечки в грунт из аварийных водопроводящих коммуникаций, достигающие 10—15, а в отдельных случаях — 35% от водопада;

изменение видов и количества древесно-кустарниковой и травяной растительности;

обильный полив садов и парков, сосредоточение снега на отдельных участках города (в местах свалок, на тротуарах, мостовых, разделительных полосах дорог); строительство гидротехнических сооружений в районах городов;

степень благоустройства города (в неблагоустроенных городах величина просачивающихся осадков достигает 30% их общего количества).

Чаще всего подтопление является результатом сочетания многих перечисленных факторов, правильная оценка влияния которых чрезвычайно важна для разработки и осуществления действенных мер защиты осваиваемой территории.

**Прогнозирование подтопления** должно основываться на материалах детальных инженерно-геологических изысканий и режимных наблюдений. Направленность гидрогеологических процессов необходимо изучать на аналогичных, уже существующих и достаточно исследованных объектах. Изыскания должны опережать проектирование не менее чем на один-два года.

Для оценки влияния застройки на формирование подземных вод составляют балансы естественных и нарушенных условий. При этом в обоих случаях используют общие уравнения баланса подземных вод.

#### IV.10.3. ПРИМЕНЕНИЕ ДРЕНАЖЕЙ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

Состав мероприятий по защите территорий от подтопления зависит от геологических и гидрогеологических условий района, типа застройки и использования подземного пространства. Эти мероприятия включают комплекс работ по снижению воздействия естественных и искусственных факторов подтопления, повышению планировочных отметок территории, подъему полов и гидроизоляции подземных сооружений, устройству дренажей.

При выборе расчетной схемы защиты застройки от подтопления следует отдавать предпочтение решениям, сводящим к минимуму эксплуатационные издержки и обеспечивающим максимальную надежность и долговечность дорожных покрытий, инженерных сетей, а также бесперебойность работы подземных сооружений.

Осушение территорий производится с учетом данных, приведенных в табл. IV.10.1. Дренажи прокладывают с уклонами, указанными в табл. IV.10.2.

Выпуск дренажей осуществляется в водостоки (выше шельг труб) или в водоемы над уровнем воды. В местах поворотов трасс, изменения уклонов и диаметров труб, присоединения боковых линий дренажей и на прямых участках длиной до 50 м устраивают смотровые колодцы. На прямых участках могут быть установлены также промывные устройства (стояки).

#### IV.10.4. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ДРЕНАЖНЫХ УСТРОЙСТВ И ИХ РАСЧЕТ

В условиях городской застройки применяют закрытые горизонтальные, трубчатые совершенные и несовершенные по отношению к водоупору дренажи с песчано-щебеночными обсыпками различных видов или искусственными минеральными волокнистыми материалами (табл. IV.10.3).

На территориях со сложным строением водоносных пластов строят как общие, так и местные дренажи. Общие системы имеют радиус депрессии, захватывающий значительную площадь. Местные дренажи устраивают на территориях, сложенных глинными, суглинистыми и др. грунтами со слабой водоотдачей, а также в застроенных районах при возведении отдельно стоящих зданий и сооружений.

#### IV.10.1. Нормы осушения для различных участков городской застройки

Тип застройки	Нормы осушения, м	Примечание
Капитальная: при глубине промерзания более 1 м	Не менее 2	Не менее 0,3 м от подошв фундаментов
то же менее 1 м	Не менее 1,5	То же
с подвальными помещениями	От пола подвалов 0,5—1 м	»
Улицы, дороги, площади	0,8—2,5	В зависимости от типа грунтов, не менее глубины промерзания
Капитальная с развитым подземным пространством (подземные пешеходно-транспортные сооружения, крупные тепломагистрали, коллекторы)	3,5—6	В зависимости от использования
Промышленные предприятия	3—6	В зависимости от технических особенностей
Одноэтажная	Не менее 1,5	—
Стадионы, парки, скверы	Не менее 1	—
Зеленые насаждения:	1—2	—
тополь	0,4	
сосна	1	
фруктовые деревья	1—1,5	
береза	1,5	

#### IV.10.2. Минимальные уклоны дренажей

Тип дренажей	Диаметр дрена, мм	Рекомендуемые минимальные уклоны
Открытые:		
канавы	—	0,005
лотки	—	0,003
Закрытые:		
со сплошным заполнением	—	0,01
линейные трубчатые:		
осушители	До 200	0,002 (глинистые грунты); 0,003 (песчаные грунты) 0,0015
сборители	200—300	0,003
кольцевые, пристенные, пластовые	150—200	0,001 при несоблюдении уклона для пристенных дренажей)
		0,01 (в обе стороны от оси при большой ширине сооружения)
		0 (при ширине сооружения до 10 м)
		0,003
откосные, застенные, каптажные, дорожные	150—200	
совмещенные с водостоками	200	По уклону водостока

Примечания: 1. Скорости течения воды в дренажных трубах должны быть в пределах 0,15—1,0 м/с.

2. При диаметре труб магистрального коллектора более 300 мм минимальный уклон составляет 0,0005.

Местные кольцевые, пристенные и пластовые дренажи применяют при устройстве подвалов ниже уровня грунтовых вод. При сооружении технических подпольий, каналов и коллекторов для прокладки инженерных коммуникаций, дорог, пешеходных и транспортных тоннелей указанные типы дренажей используют в следующих случаях: при превышении пола над уровнем подземных вод менее 50 см; расположении подземных частей зданий и сооружений в зоне капиллярного увлажнения;

#### IV.10.3. Характеристика дренажных систем

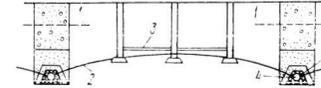
Тип дренажа	Условия питания	Положение дрен	Ориентировочная глубина заложения дрен
Систематический	Инфильтрация атмосферных осадков, утечки хозяйственно-бытовых или напорных вод из нижележащего водоносного горизонта	Параллельные ряды дрен на расстоянии 40—250 м в застроенной части и 20—30 м в садах и парках	2—5 м от поверхности
Головной	Фильтрация вод со стороны водораздела	Поперек движения грунтовых вод у верхней границы застройки	3—7 м от поверхности
Береговой	Фильтрация вод со стороны рек или водоемов	Вдоль берега на расстоянии 25—100 м от уреза воды	3—5 м от поверхности
Кольцевой	Смешанное водное питание (разностороннее)	По контуру зданий или площадок	1,0—1,5 м ниже пола подвала
Пристенный	Инфильтрация атмосферных осадков, утечки хозяйственно-бытовых вод	По контуру зданий и сооружений	На 0,7—1,0 м ниже пола подвала
Пластовый: площадной	Сложные гидрогеологические условия	По контуру и непосредственно под зданиями и сооружениями	То же
ленточный	То же	Вдоль подошвы основания на расстоянии 0,5—1,0 м от наружной грани канала	0,4—0,5 м ниже подошвы основания канала
Галерейный	Одностороннее грунтовое питание, сложные водоносные горизонты большой мощности	Вдоль стен зданий и сооружений особого назначения на расстоянии 0,5—1,0 м	Более 5—7 м от поверхности земли, на 1—1,5 м ниже полов, оснований сооружений
Дорожный	Смешанное водное питание	Вдоль дорог со стороны притока, две линии при большой ширине дорог	0,5—2,0 м от поверхности
Застенный	Грунтовое питание с нагорной стороны	Вдоль тыльной стороны подпорных стен, у основания на расстоянии 0,5—1,0 м	На уровне высоты стен
Перехватывающий	Грунтовое питание с откосный (наклонный) каптажный	Вдоль оснований откосов (склонов) в местах выхода на поверхность грунтовых вод	Ниже глубины промерзания
Совмещенный с водостоками	Грунтовое питание ручьев, балок, оврагов	Вдоль водостоков, по вертикальной оси выше шельги (для уменьшения количества колодцев)	То же Более 5—7 м от поверхности земли

строительстве в глинистых и суглинистых грунтах независимо от наличия подземных вод при глубине от планировочной отметки поверхности земли до пола более 1,3—1,5 м.

Кольцевые дренажи предназначены для защиты отдельно стоящих групп или зданий, фундаменты которых заложены в водоносные песчаные грунты с коэф-

Рис. IV.10.1. Кольцевой дренаж:

1 — уровень грунтовых вод до понижения; 2 — пониженный уровень грунтовых вод; 3 — пол сооружения; 4 — дренажная труба; 5 — фильтрующая обсыпка.



фициентом фильтрации более 2 м/сут. При одностороннем притоке подземных вод дренаж может выполняться в виде незамкнутого кольца по типу головного. При большой ширине здания устраивают промежуточные дренажи. Кольцевые дренажи прокладывают на расстоянии 5—8 м от стен здания, чтобы исключить вынос грунтов и осадку фундаментов (рис. IV.10.1).

Превышение фундамента здания над дренажем и расстояние дренажа от здания, м, должны проверяться по формуле

$$l_{\text{мин}} = b + \frac{B}{2} + \frac{H_d - h}{\text{tg } \varphi}$$

где  $l_{\text{мин}}$  — наименьшее расстояние оси дрены от стены здания, м;  $b$  — уширение фундамента здания, м;  $B$  — ширина дренажной траншеи, м;  $H_d$  — глубина заложения дрены, м;  $h$  — глубина заложения фундамента, м;  $\varphi$  — угол внутреннего трения грунта, град.

Пристенные, «профилактические» дренажи можно сооружать в обычных гидрогеологических условиях, при заглублении подвалов в глинистые и суглинистые грунты, а также при их расположении над слоем суглинков или песка мощностью менее 0,5 м.

Пристенные дренажи прокладывают по контуру здания с наружной стороны, на отметке подошвы фундаментов или немного выше (рис. IV.10.2).

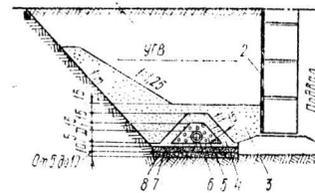


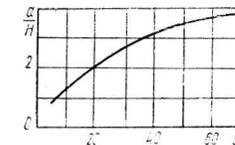
Рис. IV.10.2. Пристенный дренаж:

1 — местный грунт; 2 — обмазочная изоляция; 3 — песок с  $k_f \leq 5$  м/сут; 4 — песок; 5 — щебень и высевки; 6 — асбестоцементная труба; 7 — глинобетон; 8 — щебень, втрамбованный в грунт.

При проектировании и строительстве зданий и сооружений в сложных гидрогеологических условиях (наличие водоносных пластов большой мощности и слоистого строения, напорных вод, водоносных горизонтов с коэффициентом фильтрации менее 2 м/сут и др.), а также для защиты особо ответственных сооружений с технологическим оборудованием от подтопления и всплывания устраивают пластовые дренажи.

Для предварительного назначения типа дренажа следует пользоваться графиком

Рис. IV.10.3. График критических значений  $\frac{a}{H}$ .





ный щебень или гравий крупностью 5—35 мм. Форма обсыпки зависит от конструкций сооружений и методов производства работ. Для обратной засыпки при устройстве сооружений в глинистых грунтах применяют песчаный грунт с коэффициентом фильтрации более 5 м/сут. Вместо этого можно выводить песчаные призмы толщиной не менее 0,3 м на 0,5 м выше непониженного уровня грунтовых вод.

Для местных дренажей, защищающих отдельные здания и сооружения, могут быть произведены упрощенные гидрогеологические расчеты.

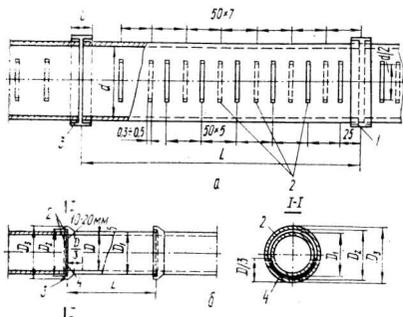


Рис. IV.10.9. Конструкция дренажных труб:

а — асбестоцементные с водонепроницаемыми отверстиями; б — керамические; 1 — муфта с резиновыми кольцами; 2 — водонепроницаемые отверстия; 3 — просмоленная пакля; 4 — асфальтовая мастика.

Расходы воды в сложных большой протяженности линейных системах, предназначенных для осушения больших площадей, определяют специальными методами. Гидравлический расчет диаметров трубопроводов выполняют исходя из максимального возможного расхода дренажа, соответствующего периоду максимальных уровней грунтовых вод на защищаемом участке. При проверочных расчетах на минимальные значения допускаемых скоростей, определяющих минимальные уклоны трубопроводов, исходя из зимнего или летнего периодов работы дренажа. Глубина наполнения принимается: в трубах-сборниках и пристенных дренах — не менее 5—10, в коллекторных трубах — не менее 40—50%.

#### IV.10.5. ТРУБОФИЛЬТРЫ

Вместо дренажей с рыхлыми обсыпками могут быть применены трубофильтры из пористого бетона, совмещающие одновременно функции водопроводящего устройства и фильтра.

Широкое применение в строительстве дренажных систем нашли трубофильтры из искусственных минерально-волоконистых материалов. Такие конструкции нормально работают в нейтральных, слабощелочных и слабощелочных водных средах с рН от 4 до 9 и суммарным содержанием минеральных солей до 50 г/л в любых песчаных, супесчаных, суглинистых и глинистых грунтах, а также в условиях безнапорной, напорной и пульсирующей фильтрации при любом направлении фильтрационного потока. Для изготовления указанных фильтров применяют нетканые стеклохолсты ВВГ (лучше армированные — ВВК, ВВА, ВВМ), укладываемые в шесть-восемь слоев при толщине холста 0,5 мм и в три-четыре слоя при толщине холста 1 мм, а также прошитые маты из базальтового волокна с песчаной засыпкой.

В качестве водопроводящих систем используют асбестоцементные с шелевой перфорацией, а также стеклопластиковые и витые гофрированные поливинилхлоридные дренажные трубы (рис. IV.10.10). Стеклопластиковую и поливинилхлоридную дрены присоединяют к колодцам с помощью асбестоцементных неперфорированных труб длиной не менее 1,5 м. Один конец асбестоцементной трубы плотно цементуют в стенке колодца, в другой заводят дренажную трубу, тщательно заделывая место соединения стеклохолстом.

Дренажный трубопровод укладывают на песчаную подушку толщиной не менее 100 мм. Для насыпных, торфянистых и др. слабых грунтов толщину такой подушки проектируют в зависимости от типа грунта и местных условий. При наличии в основном: песчаных грунтов трубопровод укладывают на спланированный грунт. Трубо-

провод засыпают слоем песка толщиной до 50 см, а затем местным грунтом. Заглубление верха витых поливинилхлоридных и стеклопластиковых труб определяется проектом, но должно быть не менее 1 м при наличии дорожного покрытия и не менее 1,3 м при его отсутствии и воздействии подвижной нагрузки.

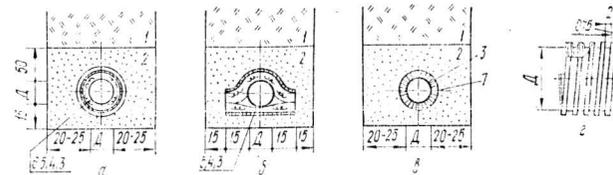


Рис. IV.10.10. Дренажные трубофильтры из искусственных минерально-волоконистых материалов:

а, б — соответственно для высоких и низких уровней грунтовых вод; в — дренаж из асбестоцементных гладких витых труб; г — дренажная гибкая витая труба из поливинилхлоридной обсыпки из местного фильтрующего материала; 2 — обратная засыпка грунтом; 3 — дренажная труба; 4 — мат из стекловаты или из штапельного базальтового волокна; 5 — холст из стеклохолста; 6 — стекловолоконистый холст; 7 — фильтр из стекловолоконистого холста.

Применение трубофильтров из искусственных волоконистых материалов вместо песчано-гравийных позволяет не только снизить затраты ручного труда в два раза и стоимость 1 м дренажа на 3—5 р., но и резко повысить темпы строительства системы.

## Раздел V. ИНЖЕНЕРНАЯ ПОДГОТОВКА ОПОЛЗНЕВЫХ И ОПОЛЗНЕОПАСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

### Глава 11. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИНЖЕНЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ

#### V.11.1. ОПОЛЗНЕВЫЕ ПРОЦЕССЫ, ПРИЧИНЫ РАЗВИТИЯ И ФОРМЫ ПРОЯВЛЕНИЯ

Развитие оползня происходит в несколько стадий:

в стадии подготовки оползня оползнеобразующие факторы формируют условия, достаточные для смещения слагающих склон пород;

в стадии оползневого смещения толщи перемещаются по поверхностям скольжения или зоне деформируемого горизонта;

в стадии временной стабилизации склона скорость оползневого смещения может приближаться к нулю или затухать вовсе.

Различают две категории факторов, влияющих на состояние склона: факторы, определяющие напряженное состояние пород склона, и факторы, формирующие их прочностные характеристики. К первой категории относят: высоту и крутизну склона; подрезки вследствие антропогенных воздействий; абразию или эрозию; пригрузки верхней части склона (свал грунта); устройство зданий, сооружений и т. п.; наличие подземных потоков грунтовых вод; мощность и градиент фильтрационного потока; вибрационное и сейсмическое воздействия на породы склона и др. Вторая категория факторов включает: вид, структуру и текстуру пород отдельных слоев; строение склона; наклоны и раздробленность пластов; сопротивление сдвигу пород в пласте; выветривание пород и др.

Равновесие действующих в склоне напряжений нарушается либо в результате воздействия факторов первой категории, повышающего напряженное состояние пород, либо под влиянием факторов второй категории, вызывающим уменьшение прочностных характеристик пород, или вследствие одновременного воздействия указанных факторов.

Неоднородное строение склона при увеличении его крутизны или нагрузки в верхней части способствует неравномерному повышению напряжений в отдельных его слоях. При возникновении предельных напряжений в более прочных слоях и их разрушении соответственно повышаются напряжения в более слабых слоях. Если прочность пород при этом недостаточна для восприятия напряжений, происходит лавино-

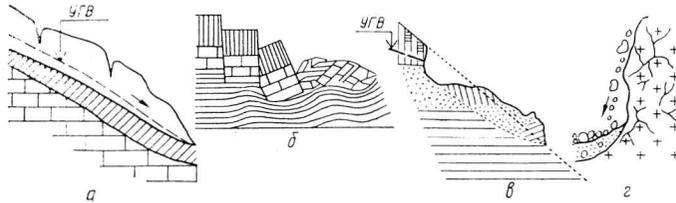


Рис. V.11.1. Типы деформаций:

а, б и в — соответственно оползни скольжения, выдавливания и вязкопластические; г — обвалы, вывалы, осыпи.

образное разрушение пород в зоне смещения. В склонах, сложенных глинистыми грунтами, в указанной фазе нарушается структурная прочность пород и возникает ползучесть.

При нарушении устойчивости склона территория из категории оползнеопасных переходит в категорию оползневых.

При анализе причин нарушения устойчивости склонов выделяют главные и второстепенные оползнеобразующие факторы и количественно оценивают воздействие каждого из них на коэффициент устойчивости (отношение удерживающих и сдвигающих сил). Для этого исследуют:

геологическое строение склона, характер напластования пород и их прочностные свойства, гидрогеологические условия, величину повышения уровней или пьезометрических напоров подземных вод, а также связь указанного явления с антропогенными воздействиями, экспозицию склона, геоморфологические особенности его поверхности и др.;

особенности изменения крутизны и нагрузок на склон, величину и скорость подрезки его основания в результате абразии или эрозии, а также в процессе строительных работ, дополнительные нагрузки на склон вследствие складирования грунта, строительства зданий и сооружений, влияние сейсмических процессов;

изменение прочности пород вследствие выветривания, суффозионные явления в подножии склона на участках высачивания фильтрационного потока и др.;

изменение химического состава подземных вод, вызывающее изменения структурной прочности грунтов.

При проектировании противооползневых мероприятий необходимо учитывать тип деформаций склона (откоса), механизм и масштабность их проявления (рис. V.11.1), инженерно-геологические условия склона, нагрузки и воздействия на него, а также прогноз изменений инженерно-геологических условий в период строительства и эксплуатации сооружений комплекса (СН 519-79).

Оползнями выдавливания характерны для склонов, сложенных слоистыми породами с выраженной поверхностью скольжения, сложенной ослабленными породами и наклонной в сторону смещения. Причинами нарушения устойчивости склона в данном случае являются: подъем уровней грунтовых вод; возрастание фильтрационного давления на породы, расположенные выше поверхности смещения; уменьшение прочности породы по поверхности деформирования.

Оползнями выдавливания возникают на склонах с близким к горизонтальному залеганием слоев, когда в основании под относительно прочными породами залегают более слабые глинистые грунты, в которых под воздействием напряжений от веса вышележащей толщи пород, зданий, сооружений и т. д. разрушаются структурные связи и развивается ползучесть.

Оползнями вязкопластическими формируются на склонах, сложенных породами, прочность которых снижается при увлажнении, динамическом воздействии

и т. д. Такие породы под воздействием веса, гидродинамического давления и др. факторов смещаются по кровле подстилающих, более прочных пород как вязкопластическое тело.

Сложные оползни представляют собой сочетание различных типов простых оползней.

Обвал — гравитационное движение пород вследствие потери прочности, выветривания и пр., происходящее на крутом склоне, угол наклона которого больше угла естественного откоса, и характеризующееся обрушением и опрокидыванием блоков пород.

Вывалы — отчленение отдельных блоков пород по трещинам вследствие потери прочности, нарушения сцепления и пр.

Осыпь — гравитационное перемещение (постепенное скатывание, скольжение и осыпание) пород по склону, угол наклона которого больше или близок к углу естественного откоса.

Обвалы-оползни и оползни-обвалы — отделение массива пород склона. В первом случае оно начинается с обрушения и опрокидывания блоков пород и заканчивается впоследствии оползанием. Во втором случае первоначальное оползневое смещение отдельных блоков пород переходит в обвал.

#### V.11.2. ТРЕБОВАНИЯ К ИСХОДНЫМ МАТЕРИАЛАМ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Исходные материалы для проектирования противооползневых защитных сооружений и мероприятий должны содержать данные, позволяющие оценить народнохозяйственное и экономическое значение территорий и перспектив их использования, краткое описание существующих предприятий, зданий, сооружений, дорог, коммуникаций, характера и вида обнаруженных в них деформаций, а также данные о применявшихся ранее защитных сооружениях и их состоянии.

Проектирование противооползневых мероприятий должно осуществляться на основании материалов инженерно-геологических, инженерно-гидрогеологических и инженерно-геодезических изысканий, выполненных в соответствии с архитектурно-планировочным заданием с учетом требований застройки, благоустройства и функционального использования территории.

Для проектирования, кроме того, должны быть представлены данные о местоположении поверхности скольжения или зоны деформируемого горизонта, их приуроченности к зонам ослабления, скоростях смещения поверхностных и глубинных реперов, зависимости величин подвижек от основных оползнеобразующих факторов.

Данных инженерно-геологических изысканий должно быть достаточно для разработки экономически целесообразных и технически обоснованных решений по защите склонов от оползневых деформаций, правильного размещения противооползневых сооружений и обеспечения необходимых требований по инженерной подготовке.

На территориях с водотоками (реками, морями и т. д.), где воздействие абразии или эрозии приводит к снижению устойчивости склонов, дополнительно проводят инженерно-гидрометеорологические изыскания, обеспечивающие получение следующих сведений:

для морей и водохранилищ — данные о волновом режиме, колебаниях уровня воды, приливно-отливных явлениях, высоте и длине волн при штормах редкой повторяемости, скорости стоковых течений, ледовом режиме, колебаниях уровня водохранилища при сработке ГЭС, балансе и миграции наносов, состоянии берегового склона на участке проектирования берегоукрепительных сооружений;

для каналов и рек — данные о колебаниях уровня воды во времени, скоростях течений, зависимости расходов от уровней, годовом ходе колебаний уровня, максимальных отметках воды, объемах транспортируемых наносов и характере перформирования русла, температурном режиме, времени замерзания и вскрытия русла, ледоставе, сроках прохождения паводка.

Объем и состав противооползневых мероприятий зависят от состояния осваиваемых территорий, инженерно-геологических условий участка строительства, наличия функционирующих объектов, коммуникаций, дорог, балансовой стоимости сооружений, типа сооружений, планируемых под застройку, и др.

При освоении под застройку оползнеопасных территорий архитектурно-планировочные решения, методы инженерной защиты и конструктивные решения противооползневых сооружений должны быть взаимосвязаны.

Состояние склоновых территорий может быть устойчивым, оползнеопасным или оползневым. К устойчивым относят территории с естественным сложением скло-

нов породами значительной прочности при относительно малой крутизне и высоте склонов, а также участки, закрепленные противооползневыми сооружениями.

К о п о л з н е о п а с н ы м относят участки склоновых территорий, где активное оползнеобразование не наблюдается, но устойчивость которых может быть нарушена под влиянием каких-либо факторов, воздействие которых направлено на прогрессирующее уменьшение удерживающих или увеличение сдвигающих усилий.

На о п о л з н е в ы х территориях обнаруживаются активные оползневые процессы или затухшие оползневые формы.

Для оползнеопасных участков склоновых территорий противооползневые мероприятия разрабатывают только в тех случаях, когда по ряду причин не удается добиться их долговременной устойчивости. Противооползневые мероприятия разрабатывают также на участках, где намечается установка сооружений или зданий I или II класса, которая может вызвать нарушение устойчивости склона. На участках склоновых территорий, где отмечается региональный подъем уровней подземных вод до отметок, при которых возможно развитие оползневых явлений, заблаговременно устраивают дренажи, обеспечивающие стабилизацию уровня подземных вод и повышающие устойчивость территории.

Противооползневые мероприятия на оползневых территориях проводят с целью: защиты зданий и сооружений в зоне активного воздействия оползней; стабилизации территории для подготовки ее под застройку; защиты железных и автомобильных дорог; стабилизации склонов, примыкающих к судоходным каналам, руслам рек и пр., если оползневые процессы нарушают судоходство; защиты нефте-, газопроводов и пр.; обеспечения безопасности населения.

### V.11.3. ПРИНЦИПЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ ОПОЛЗНЕВЫХ И ОПОЛЗНЕОПАСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

При проектировании застройки городов или отдельных районов вопросы инженерной подготовки оползневых и оползнеопасных территорий решаются в зависимости от стадии проектирования.

В схеме районной планировки устанавливаются границы оползневых и оползнеопасных участков. На стадии разработки генплана города составляется схема мероприятий по противооползневых мероприятий, а вместе с проектом застройки первой очереди разрабатывается проект сооружений противооползневой защиты.

Защиту оползневого участка застроенной территории, где начали развиваться оползневые процессы, проектируют по требованию организации, эксплуатирующей объекты, которые расположены в оползнеопасной зоне, или по требованию организации, разрабатывающей проект новых сооружений, если границы оползнеопасной зоны и застройки пересекаются. Строительство противооползневых сооружений предусматривают также в том случае, если проектируемые здания и сооружения, технологические процессы и пр. могут ухудшить устойчивость склоновых территорий.

Вопросы противооползневого строительства в первую очередь рассматриваются для участков склоновых территорий, где отмечается фаза подготовки оползневого смещения или оползневые процессы находятся в фазе затухания. Выбор эффективных типов противооползневых сооружений осуществляется на основании анализа: материалов инженерно-геологических изысканий, в результате которых установлены природа и тип оползня; характера оползнеобразующих факторов, мощности смещающихся оползневых масс, положения зоны деформирования;

расчетов устойчивости склонов, позволяющих установить влияние на уменьшение коэффициента устойчивости склона каждого из оползнеобразующих факторов; данных о влиянии отдельных противооползневых мероприятий на коэффициент устойчивости склона;

технично-экономических показателей наиболее экономичных сооружений противооползневого комплекса, обеспечивающих необходимое повышение коэффициента устойчивости склона при наименьших приведенных затратах на строительство и эксплуатацию сооружений и данных о размерах возможных убытков, причиняемых оползнями;

инженерных расчетов, данных моделирования и др., на основании которых устанавливаются оптимальные характеристики противооползневых сооружений, их

размеры, процент армирования и пр., а также местоположение на участке склона.

Если на затронутой оползем территории расположены объекты незначительной стоимости, а мощность смещающихся пород достигает 10 м и более, целесообразнее переместить сооружения на устойчивые участки.

При проведении защитных мероприятий первоначально рассматривают возможность у п о л з н е в ы х склонов, применения дренажей на участке высачивания

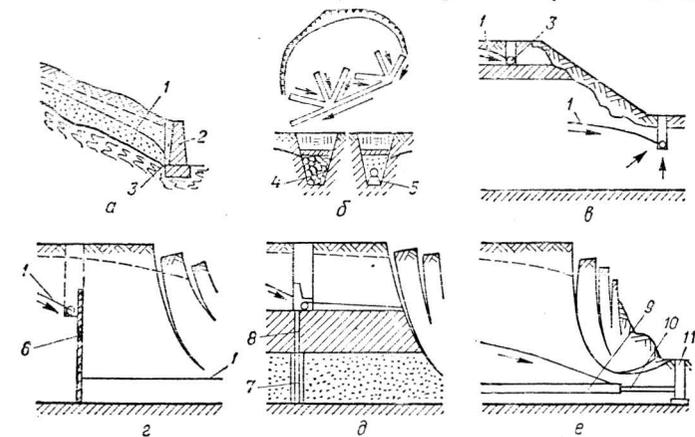


Рис. V.11.2. Противооползневые дренажи:

а — застенный трубчатый дренаж; б — дренажные пролези; в — горизонтальный трубчатый дренаж; г и д — соответственно несовершенный и комбинированный горизонтальные трубчатые дренажи; е — горизонтальная дренажная скважина; 1 — повышенный уровень грунтовых вод; 2 — подпорная стена; 3, 9 — трубофильтр; 4 — камень; 5 — фашина; 6 — водонепроницаемая завеса; 7 — обратный фильтр; 8 — скважина; 10 — труба; 11 — водоприемный колодец.

водоносных горизонтов, замены слабых оползневых грунтов более прочными или устройства контрбанкета в основании склона. Если основание склона или контрбанкета омывается морем или рекой, для его защиты от размыва применяют берегозащитные сооружения.

Дренажные противооползневые сооружения целесообразно проектировать на тех участках, где по прогнозу ожидается повышение уровня грунтовых вод до отметок, при которых возможно нарушение устойчивости территории. Дренажи могут быть применены и в комплексе с др. противооползневыми сооружениями.

Для уменьшения давления на подпорные сооружения устраивают застенный дренаж. Дренажи могут быть использованы также для стабилизации небольших оползней при наличии водообильных подземных горизонтов (рис. V.11.2).

Горизонтальные дренажные скважины используют для стабилизации оползней и уровня грунтовых вод на участках подтапливаемых территорий, а также для осушения толщ оползневых масс.

На участках городских территорий, в горной местности и т. п., где уложение склона или использование контрбанкетов не представляется возможным, применение дренажей не гарантирует долговременной устойчивости территории, проектируют различные типы удерживающих противооползневых сооружений.

На оползнеопасных территориях, устойчивость которых может быть нарушена вследствие абразии, эрозии, неправильного ведения строительных работ и др. причин, вводят ряд ограничений по технологии строительства, размещению отдельных сооружений в опасной зоне и т. п. К таким ограничениям относятся:

требования сохранности зеленых покровов склонов (не допускаются рубка леса, кустарника, уничтожение травяного покрова, распашка и террасирование склонов и др.);

запрещение размещения некоторых видов строительства (сооружения объектов большого веса вблизи бровки склона, устройства котлованов под фундаменты в нижней части склона, строительства дорог с интенсивным движением), производства ряда строительных работ (рытье траншей и котлованов на склонах под различные опоры), размещения механизмов, оказывающих значительные динамические воздействия на склон, и т. п.;

ограничение технологии выполнения земляных работ (не допускается удалять грунт в нижней части склона, проводить подрезки в пределах склона, устраивать свал грунта в активной части склона, снимать грунт в местах, где возможен прорыв плывунов и др.);

ограничение водопользования (не допускаются интенсивный полив насаждений на склоне и вблизи него, прокладка поливочных водоводов при неконтролируемой подаче воды, прорывы водоводов или утечки из них, устройства бассейнов, водоемов и пр. без надежной гидроизоляции оснований и устройства сопутствующего дренажа, сброс ливневых вод на склон и др.).

На участках склонов, где вследствие абразии или эрозии идет интенсивный подмыв оснований, следует своевременно устраивать берегозащитные сооружения, производить выправление или спрямление русла, сооружать струнаправляющие дамбы и т. д.

## Глава 12. РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ СКЛОНОВ

### 12.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Устойчивость склонов (откосов) рассчитывают по первому предельному состоянию. При этом учитывают основное и особое сочетание нагрузок, действующих на склон. В первом случае суммируются постоянные, длительные и кратковременные нагрузки. Во втором к указанным нагрузкам добавляется одна из особых: сейсмическое или взрывное воздействие, нагрузка, вызываемая аварийным состоянием или поломкой оборудования, прорывом плотин, аварийная деформация основания и др.

Для расчета устойчивости склона используют выражение (СН 519-79)

$$\frac{R}{N_p} \geq \frac{n_c k_n}{m}, \quad (V.12.1)$$

где  $R$  — обобщенное расчетное значение силы сопротивления грунтов смещению, Н или Н·м;  $N_p$  — сдвиговые воздействия на грунтовый массив, выраженные в силовой или моментной форме (перегрузки включают в расчетные схемы нагрузок на склон с учетом фактических и перспективных условий работы склона и сооружений) Н или Н·м;  $n_c$  — коэффициент сочетания нагрузок (при расчете устойчивости склонов и потери прочности скальных грунтов при обвалах для основного сочетания нагрузок  $n_c=1$ , для особого —  $n_c=0,9$  и для нагрузок строительного периода  $n_c=0,95$ );  $k_n$  — коэффициент надежности, учитывающий степень ответственности, капитальность сооружений и значимость последствий при возникновении тех или иных предельных состояний (для защитных сооружений I класса  $k_n=1,25$ , второго —  $k_n=1,2$ , третьего —  $k_n=1,15$  и четвертого —  $k_n=1,1$ );  $m$  — коэффициент условий работы, учитывающий вид предельного состояния и приближенность расчетных схем.

Значения  $k_n$  и  $m$  устанавливают для каждого конкретного объекта в соответствии с целями и задачами стабилизации склона, точности исходных данных и т. п.

Отношение  $\frac{k_n}{m}$  представляет собой допустимый коэффициент устойчивости склона ( $k_y$ ), принимаемый в соответствии с требованиями нормативных документов по проектированию отдельных видов сооружений, но не менее 1,2.

Расчетный коэффициент устойчивости склона должен удовлетворять условию:

$$k_y = \frac{R}{n_c N_p} \geq [k_y]. \quad (V.12.2)$$

Расчеты, показывающие влияние противоползневых сооружений на степень увеличения коэффициента устойчивости склона, служат основанием для проектирования средств и методов противоползневой защиты. Без проведения таких расчетов допускается осуществлять мероприятия охранного характера на оползнеопасных территориях, если при этом на них не ведется строительство др. объектов, которые могут оказать отрицательное влияние на устойчивость склона.

### 12.2. РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ СКЛОНОВ ПО КРУГЛОЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ СКОЛЬЖЕНИЯ

Описываемый ниже метод расчета (рис. V.12.1) применяется для исследования устойчивости склонов (откосов), сложенных однородными грунтами. При наличии на склоне сооружений весом  $P_c$  и выше поверхности скольжения потока грунтовых вод коэффициент устойчивости склона определяется по формуле

$$k_y = \frac{\sum_i [(P_i^n \cos \alpha_i + P_c \cos \alpha_c) \operatorname{tg} \varphi_i + c_i l_i] R}{\sum_i [9,8 (S_1 + S_2) e \gamma_w + P_c d + G_r a] + 9,8 \gamma_w \sum_i S_2 l_i a_\phi}, \quad (V.12.3)$$

где  $P_i^n$  — вес грунта в пределах расчетного  $i$ -го элемента ( $P_i^n = \gamma_w S_1 + \gamma^p S_2$ ), Н/м;  $\alpha_i$  — угол наклона поверхности скольжения к горизонту в пределах расчетного элемента, град;  $P_c$  — вес сооружения, Н/м;  $\alpha_c$  — угол между вектором силы  $P_c$  и направлением от поверхности скольжения к центру кривой скольжения, град;  $\varphi_i$  и  $c_i$  — угол внутреннего трения, град, и удельное сцепление грунта на поверхности скольжения, Па, в пределах расчетного элемента;  $l_i$  — длина элемента, м;  $R$  — радиус кривой скольжения, м;  $S_1$  — площадь сечения расчетного

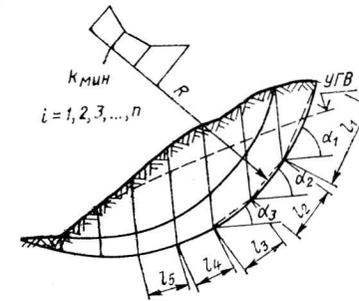


Рис. V.12.1. Схема к расчету устойчивости склона по круглоцилиндрической поверхности скольжения.

элемента, где грунт имеет естественную влажность, м<sup>2</sup>;  $S_2$  — площадь сечения расчетного элемента, занятая фильтрационным потоком, м<sup>2</sup>;  $e$  — плечо действия силы (веса грунта расчетного элемента) относительно центра кривой скольжения, м;  $\gamma_w$  — плотность грунта естественной влажности, кг/м<sup>3</sup>;  $a$  и  $d$  — плечи действия горизонтальной силы  $G_r$  и веса  $P_c$  относительно центра кривой скольжения, м;  $G_r$  — горизонтальная сила, приложенная к сооружению, Н/м;  $l_i$  — гидравлический градиент и  $a_\phi$  — плечо действия фильтрационного давления, м, в  $i$ -м элементе;  $\gamma^p$  — плотность грунта, взвешенного подземными водами, кг/м<sup>3</sup>.

В силовой форме уравнение (V.12.3) записывается так:

$$k_y = \frac{\sum_i [(P_i^n \cos \alpha_i + P_c \cos \alpha_c) \operatorname{tg} \varphi_i + c_i l_i]}{\sum_i \left[ 9,8 \gamma_w (S_1 + S_2) \sin \alpha_i + P_c \frac{d}{R} + G_c \frac{a}{R} \right] + 9,8 \gamma_w \sum_i h_i^p \Delta x_i l_i}, \quad (V.12.4)$$

где  $\gamma \sum h_i \Delta x_i l_i$  — суммарное фильтрационное усилие, действующее в горизонтальном направлении на грунт  $i$ -го элемента, Н/м;  $h_i$  — высота от поверхности скольжения до кривой депрессии по оси расчетного элемента, м;  $\Delta x_i$  — ширина расчетного элемента, м.

Сейсмическое воздействие на склоны проявляется как в прямом силовом воздействии на смещающиеся оползневые блоки, так и во влиянии на прочностные характеристики грунтов. При этом наибольшая потеря прочности наблюдается в рыхлых пылеватых и песчаных массах, находящихся в водонасыщенном состоянии. В результате сейсмического воздействия они могут разжижаться и оплывать. Силовое воздействие на оползневые блоки пород зависит от сейсмического коэффициента сотрясения

$$k_c = \frac{\beta_c}{g}, \quad (V.12.5)$$

где  $\beta_c$  — наибольшее сейсмическое ускорение для принятого района,  $m/c^2$ .

Сейсмическая инерционная сила определяется через вес  $P_i$  оползневых масс, ограниченных поверхностью скольжения и дневной поверхностью склона:

$$S_{c_i} = \pm k_c P_i. \quad (V.12.6)$$

При вычислении коэффициента устойчивости склона учитывается как вертикальная  $S_{c_v} = \pm S_c \sin \gamma$ , так и горизонтальная  $\pm S_{c_r} \cos \gamma$  составляющие сейсмической инерционной силы.

Таким образом, коэффициент устойчивости склона с учетом сейсмического воздействия составит:

$$k_y = \frac{\sum_i [(P_i \cos \alpha_i + P_c \cos \alpha) \operatorname{tg} \varphi_i + c_i l_i] R}{\sum_i [P_i e + P_c d + G_r a] + \sum_i S_{c_i} (m \sin \gamma + r \cos \gamma)}, \quad (V.12.7)$$

где  $\gamma$  — угол атаки сейсмического импульса к горизонту, град;  $m$  и  $r$  — плечий воздействия горизонтальной и вертикальной составляющих сейсмической инерционной силы, м.

Поиск центра наиболее опасной поверхности скольжения проводят в двух взаимно перпендикулярных направлениях, по которым откладывают вычисленные значения коэффициента устойчивости склона. Если в разрезе склона имеется прослойка слабых пород, положение кривой скольжения выбирают так, чтобы большая ее часть приходилась на слабые породы.

Расчет коэффициента устойчивости выполняют на ЭВМ при наличии соответствующего программного обеспечения или на малых клавишных вычислительных машинах.

### V.12.3. РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ СКЛОНОВ ПО ПОВЕРХНОСТИ СКОЛЬЖЕНИЯ

Во многих случаях массивы склонов имеют неоднородное строение, при котором некоторые слои обладают пониженной сопротивляемостью сдвигу, или поверхность скольжения проходит по контакту пластов, тектоническим трещинам, разломам и т. д. Если поверхность скольжения имеет вид плоскости, выходящей на склон выше его подошвы (рис. V.12.2), коэффициент устойчивости

$$k_y = \frac{P_{rp} \cos \alpha \operatorname{tg} \varphi + c l}{P_{rp} \sin \alpha}, \quad (V.12.8)$$

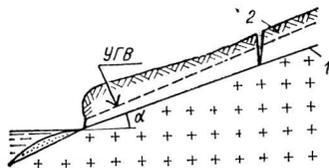


Рис. V.12.2. Схема к расчету устойчивости склона по плоской поверхности скольжения: 1 — поверхность скольжения; 2 — оползневые грунты.

где  $P_{rp}$  — вес грунтов, расположенных выше поверхности ослабления, Н;  $\alpha$  — угол наклона поверхности ослабления к горизонту, град;  $\varphi$  и  $c$  — угол внутреннего трения, град, и удельное сцепление грунтов на поверхности скольжения, Па.

При различных наклонах поверхности скольжения к горизонту на разных участках с учетом сейсмического воздействия и наличия потока грунтовых вод коэффициент устойчивости

$$k_y = \frac{\sum_{n=1}^{n-i} (G_n \cos \alpha_n \operatorname{tg} \varphi_n + c_n l_n) \prod_{k=n}^{k=i-1} \frac{\cos (\alpha_k - \alpha_{k+1} + \varphi_{k+1})}{\cos \varphi_{k+1}}}{\sum_{n=1}^{n-i} [G_n \sin \alpha_n + \Phi_n + F_{r,n} + k_c G_n \cos (\alpha_n - \gamma)] \prod_{k=n}^{k=i-1} \frac{\cos (\alpha_k - \alpha_{k+1} + \varphi_{k+1})}{\cos \varphi_{k+1}}}, \quad (V.12.9)$$

где  $n, k$  — номера блоков ( $n=1, 2, 3, \dots, i; k=1, 2, 3, \dots, i-1$ );  $i$  — количество блоков;  $G_n$  — вертикальное усилие в пределах каждого  $n$ -го блока (включает вес грунтов выше поверхности скольжения, уменьшенный под влиянием взвешивающего давления и вертикальной составляющей фильтрационного потока подземных вод, а также все сооружений и др. нагрузки на поверхность), Н/м;  $l_n$  — длина поверхности скольжения в пределах  $n$ -го блока, м;  $\Sigma \dots$  — суммирование произведений для блоков, начиная с верхней части склона;  $\Phi_n$  — составляющая фильтрационного усилия в пределах  $n$ -го блока, направленная параллельно поверхности скольжения ( $\Phi_n = \gamma_n F_{n,n} l_{cp,n}$ , где  $F_{n,n}$  — площадь  $n$ -го блока, занятая потоком грунтовых вод;  $l_{cp,n}$  — средний градиент фильтрационного потока в указанном направлении в пределах  $n$ -го блока);  $F_{r,n}$  — усилие, приложенное к сооружению на поверхности склона и направленное в сторону смещения (например, установившийся скоростной напор ветра, действующий на высокие здания и сооружения, которые расположены в зоне возможного обрушения и др.), Н/м.

### V.12.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ СМЕЩЕНИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ МАСС

В склонах, где развивается ползучесть, верхние слои грунтов смещаются вначале с небольшой скоростью. При смещении их на определенную для каждого из видов грунта величину в зоне деформирования нарушается структурное сцепление, что ведет к формированию зоны деформирования, или поверхности смещения. После этого скорость смещения оползающих грунтов резко увеличивается.

Скорость смещения в значительной степени зависит от вязкости грунта в зоне деформирования. Например, при разрушении в этой зоне структурной прочности водонасыщенных лессовых грунтов их вязкость уменьшается до вязкости жидкости. Поэтому скорость смещения таких грунтов на склонах достигает катастрофической.

Скорость смещения отдельных блоков оползневых грунтов (рис. V.12.3) по деформируемому горизонту линейно изменяющейся мощности

$$U_n = \frac{\left[ G_n \frac{\sin (\alpha_n - \varphi_n)}{\cos \varphi_n} - c_{c,n} l_n + \Phi_n + F_{r,n} \right] (a_n - 1) h_n}{2 \nu_n l_n \left( 2 \ln a_n - 3 \frac{a_n - 1}{a_n + 1} \right)} \times \left[ 1 - \exp \left( - \frac{2 \nu_n l_n g \left( 2 \ln a_n - 3 \frac{a_n - 1}{a_n + 1} \right)}{G_n h_n (a_n - 1)} \right) \right], \quad (V.12.10)$$

где  $h_n$  — мощность деформируемого горизонта в начале блока, м;  $\nu_n$  — коэффициент вязкости грунта в зоне деформируемого горизонта, Па·с;  $l_n$  — длина зоны деформируемого горизонта, м;  $a_n = \frac{h_{n+1}}{h_n}$ ;  $t$  — текущее время от начала смещения, с.

Уравнение (V.12.10) описывает также скорость смещения блока оползневых масс по слою деформируемого горизонта наиболее простой конфигурации (рис. V.12.4).

В общем случае, когда жесткие блоки оползневых пород смещаются по слою деформируемого горизонта различной мощности, ограниченного сверху и снизу двумя поверхностями (рис. V.12.5), скорость смещения верхней части оползневого массива

$$U = \sum_{n=1}^{n=i} \left\{ 9,8 \frac{\gamma_{оп} a_n h_n (h_{6,n} - h_{6,(n+1)})}{a_n + 1} + \left( G_n \frac{\sin(\alpha_n - \varphi_n)}{\cos \varphi_n} - c_{c,n} l_n + \Phi_n + F_{r,n} \right) \times \right. \\ \left. \times \left[ 1 - \exp t \left( - \frac{2\nu_n l_n g \left( 2 \ln a_n - 3 \frac{a_n - 1}{a_n - 1} \right)}{(a_n - 1) h_n G_n} \right) \right] \right] \prod_{k=n}^{k=i-1} \frac{\cos(\alpha_n - \alpha_{n+1} + \varphi_{n+1})}{\cos \varphi_{n+1}} \\ \sum_{n=1}^{n=i} \frac{2\nu_n l_n}{(a_n - 1) h_n} \left( 2 \ln a_n - 3 \frac{a_n - 1}{a_n + 1} \right) \prod_{k=n}^{k=i-1} \frac{\cos(\alpha_n - \alpha_{n+1} + \varphi_{n+1})}{\cos \varphi_{n+1}} \quad (V.12.11)$$

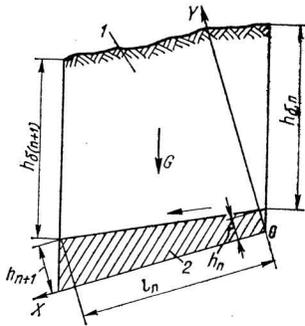


Рис. V.12.3. Схема к расчету скорости смещения оползневого блока (1) по зоне сдвига (2).

где  $\gamma_{оп}$  — плотность оползневых грунтов, кг/м<sup>3</sup>;  $h_{6,n}$  и  $h_{6,(n+1)}$  — мощность жесткой части смещающегося оползневого блока, м.

Попадание в толщу глинистых грунтов слабоминерализованных вод изменяет физико-химическую среду вокруг глинистых частиц, что ведет к уменьшению как сцепления связности, так и угла внутреннего трения. Если известна величина угловой деформации для глинистого грунта, слагающего склон, при которой происходит разрушение структурных связей ( $\gamma_{рс}$ ), для про-

гнозирования оползневого смещения может быть использовано выражение

$$t_{оп} = \frac{\gamma_{рс} h_{ср}}{U} \quad (V.12.12)$$

где  $t_{оп}$  — время от начала развития ползучести до оползневого смещения, с;  $h_{ср}$  — средняя мощность зоны деформируемого горизонта, м;  $U$  — скорость смещения жесткой части оползневых грунтов, м/с, вычисленная по формуле (V.12.11), когда вязкость грунта определена до начала разрушения структурных связей грунта.

#### V.12.5. РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ УДЕРЖИВАЮЩИХ СООРУЖЕНИЙ

Для закрепления оползневых масс механическим способом применяют подерживающие сооружения: контрбанкеты, контрфорсы, подпорные стены на естественном основании или свайных фундаментах, сооружения свайной конструкции (свай-шпоны, столбы глубокого заложения, анкерные крепления).

Контрбанкеты, контрфорсы и подпорные стены проектируют с учетом инженерно-геологических особенностей их оснований, проверяя устойчивость как склона, так и сооружения и его основания. При проектировании контрбанкетов проверяют, кроме того, устойчивость откосов.

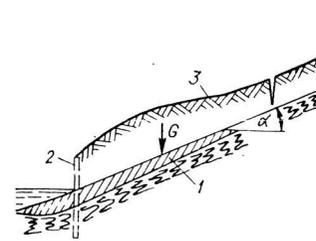


Рис. V.12.4. Смещение оползневых грунтов по зоне деформируемого горизонта линейно изменяющейся мощности:

1 — зона деформируемого горизонта; 2 — место установки удерживающего сооружения; 3 — оползневые группы.

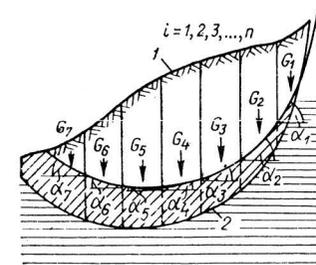


Рис. V.12.5. Смещение оползневых грунтов (1) по зоне деформируемого горизонта переменной мощности:

Подпорные стены для закрепления оползневых масс размещают на устойчивых и несмещаемых основаниях.

Удерживающие сооружения используют для закрепления медленно смещающихся оползневых масс в местах подрезки склонов, установки зданий и сооружений большого веса и др., а также на склонах, устойчивость которых повысить путем уположения или устройства контрбанкетов невозможно или нецелесообразно.

Удерживающие сооружения проектируют для закрепления оползней выдавливания при небольшой мощности деформируемого горизонта и оползней скольжения на основании детальных инженерно-геологических изысканий, позволяющих установить поверхность скольжения (для оползней скольжения), местоположение и мощность зоны деформируемого горизонта, а также границы прочных несмещаемых пород и их прочностные и деформационные характеристики.

Конструкции удерживающих противооползневых сооружений определяют характером их работы:

жесткие (подпорные стены, контрфорсы, свай-шпоны, столбы глубокого заложения, свай больших диаметров при относительно малой длине) под воздействием оползневого давления испытывают смещение и поворот;

конечной жесткости (свай и железобетонные столбы относительно большой длины) испытывают деформации изгиба;

гибкие (тросовые анкерные конструкции) не имеют прочности на изгиб; комбинированные, состоящие из элементов различной гибкости (рис. V.12.6).

Оползневое давление, создаваемое смещающимися по поверхности скольжения или в зоне деформирования оползневых массами, изменяется во времени. Значения оползневого давления (минимального при  $t=0$  и максимального при  $t=\infty$ ) устанавливают из анализа устойчивости оползневых масс по поверхности скольжения:

$$E_i = \sum_{n=1}^{n=i,t} \left[ n_{\sigma} (G_n \sin \alpha_n + \Phi_n + F_{r,n} + k_c G_n \cos(\alpha_n - \gamma)) - \frac{m}{k_n} (G_n \cos \alpha_n \operatorname{tg} \varphi_n + \right. \\ \left. + c_n l_n) \right] \prod_{k=n}^{k=(j,t)-1} \frac{\cos(\alpha_k - \alpha_{k+1} + \varphi_{k+1})}{\cos \varphi_{k+1}}; \quad (V.12.13)$$

где  $j$  — номер блока, в пределах которого установлено удерживающее сооружение;  $i$  — общее количество расчетных блоков.

При учете сейсмического воздействия нагрузку от ветра не учитывают. Коэффициент условий работы принимают:  $m=1,2$  — для скальных и полускальных грунтов;  $m=0,7$  — для рыхлых водонасыщенных песков и глинистых грунтов с показателем консистенции  $I_L > 0,75$ ;  $m=1,0$  — для всех остальных грунтов.

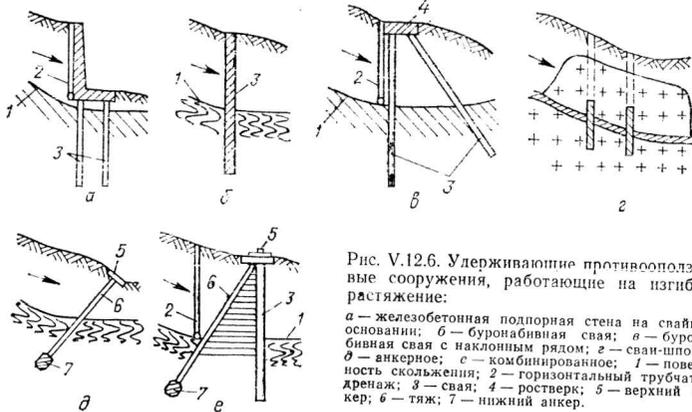


Рис. V.12.6. Удерживающие противооползневые сооружения, работающие на изгиб и растяжение:  
 а — железобетонная подпорная стена на свайном основании; б — буронабивная свая; в — буронабивная свая с наклонным рядом; г — свай-шпунты; д — анкериное; е — комбинированное; ж — поверхность скольжения; з — горизонтальный трубчатый дренаж; 1 — свая; 2 — ростверк; 3 — верхний анкер; 4 — тяж; 5 — нижний анкер.

Суммирование в формуле (V.12.13) ведется для всех расчетных блоков ( $n=i$ ) без учета местоположения удерживающего сооружения, если устойчивость оползневых грунтов, примыкающих к элементам сооружения с нижней стороны склона, надежно обеспечена ( $k \geq 1,5$ ).

Если по архитектурно-планировочным соображениям или в процессе строительных работ производится выемка грунта в склоне с нижней стороны удерживающего сооружения, а также в случае отхождения оползневых грунтов от элементов сооружения вследствие развития ползучести, суммирование ведут до сечения, в котором установлено сооружение ( $n=j$ ).

Вычисляя оползневое давление для  $t=0$ , принимают:  $c_n = c_c + \Sigma \omega$ . Если давления определяют для оползневой поверхности, где до недавнего времени наблюдались оползневые деформации, величину  $c_c$  приравнивают к нулю. Для момента времени  $t=\infty$  оползневое давление вычисляют приравнявая также величину  $\Sigma \omega$  к нулю.

Для оползней, где сформирована зона деформируемого горизонта, оползневое давление вычисляется по формуле

$$E(t) = \frac{\sum_{n=1}^{n=i,t} \left[ \frac{9,8 \gamma_{оп} a_n (h_{6,n} - h_{6,n+1})}{a_n + 1} + n_c \left( G_n \sin \alpha_n + \Phi_n + F_{r,n} + k_c G_n \cos (\alpha_n - \gamma) \right) - \frac{m}{k_n} G_n \cos \alpha_n \operatorname{tg} \varphi_n \right] \prod_{k=n}^{k=(i,t)-1} \frac{\cos (\alpha_k - \alpha_{k+1} + \varphi_{k+1})}{\cos \varphi_{k+1}}}{1 + f(\mu_n, h_n, I_n, t)}$$

(V.12.14)

где  $f(\mu_n, h_n, I_n, t) =$

$$= \frac{\sum_{n=1}^{n=i,t} \frac{2\mu_n I_n}{(a_n - 1) h_n} \left( 2 \ln a_n - 3 \frac{a_n - 1}{a_n + 1} \right) \prod_{k=n}^{k=(i,t)-1} \frac{\cos (\alpha_k - \alpha_{k+1} + \varphi_{k+1})}{\cos \varphi_{k+1}}}{t (k_0 h_{сг} + 0,5 k_1 h_{сг}^2)}$$

$k_0$  — коэффициент постели оползневых грунтов вблизи поверхности земли,  $\text{H}/\text{M}^3$ ;  $h_{сг}$  — высота элемента удерживающего сооружения в пределах оползневых грунтов, м;  $k_1$  — коэффициент, учитывающий изменения коэффициента постели по глубине оползневых грунтов,  $\text{H}/\text{M}^4$ .

В наиболее простом случае (рис. V.12.4), когда оползневые грунты смещаются по плоской поверхности, ограничивающей зону деформирования линейно изменяющейся мощностью, приведенная выше формула упрощается:

$$E(t) = \frac{n_c (G_1 \sin \alpha_1 + \Phi_1 + F_{r,1} + k_c G_1 \cos (\alpha_1 - \gamma)) - \frac{m}{k_n} G_n \cos \alpha_1 \operatorname{tg} \varphi_1}{2\mu_1 I_1 \left( 2 \ln a_1 - 3 \frac{a_1 - 1}{a_1 + 1} \right) t h_1 (a_1 - 1) (k_0 h_{сг} + 0,5 k_1 h_{сг}^2)}$$

(V.12.15)

Эпюра оползневого давления на удерживающий элемент сооружения зависит от величины смещения оползневых грунтов и их прочности.

Ордината эпюры

$$e(x) = \varphi_1(x) (\delta(x, t) - m_{сy}(x, t)) b_c n_i,$$

(V.12.16)

где  $b_c$  — ширина удерживающего элемента, м;  $\varphi_1(x)$  — коэффициент жесткости грунта (коэффициент постели), изменяющийся с глубиной  $x$  (для однородных оползневых грунтов  $\varphi_1(x) = k_1 x$ , где коэффициент  $k_1$  определяется по табл. V.12.1);  $\delta(x, t)$  и  $y(x, t)$  — величины смещения оползневых грунтов и удерживающего элемента на глубине  $x$  за время  $t$  от начала устройства сооружения;

#### V.12.1. Значения коэффициента пропорциональности для свайных противооползневых сооружений (СНиП II-17-77)

Характеристика грунта, окружающего сваю	Забивные сваи	Набивные сваи, сваи-оболочки и сваи-столбы
Глины и суглинки текучепластичные ( $0,75 \leq I_L \leq 1$ )	650—2500	500—2000
Глины и суглинки мягкопластичные ( $0,5 \leq I_L \leq 0,75$ ), супеси пластичные ( $0 \leq I_L \leq 1$ ) и пылеватые ( $0,6 < I_L < 0,8$ )	2500—5000	2000—4000
Глины и суглинки тугопластичные и полутвердые ( $0 \leq I_L \leq 0,5$ ), супеси твердые ( $I_L < 0$ ), пески мелкие ( $0,6 \leq e \leq 0,75$ ) и средней крупности ( $0,55 \leq e \leq 0,7$ )	5000—8000	4000—6000
Глины и суглинки твердые ( $I_L < 0$ ); пески крупные ( $0,55 \leq e \leq 0,7$ )	8000—13000	6000—10000
Пески гравелистые ( $0,55 \leq e \leq 0,7$ ); гравий и галька с песчаным заполнением	—	10000—20000

Примечания: 1. Меньшие значения коэффициента  $k_1$  соответствуют более высоким значениям консистенции  $I_L$  глинистых и коэффициента пористости  $e$  песчаных грунтов, указанных в скобках, а большие значения соответствуют более низким значениям  $I_L$  и  $e$ .

2. Для грунтов с промежуточными значениями  $I_L$  и  $e$  коэффициент  $k_1$  определяют интерполяцией.

3. Коэффициент  $k_1$  для плотных песков должен приниматься на 30% выше наибольших значений, указанных в таблице.

$m_c$  — коэффициент, учитывающий степень устойчивости грунтов и релаксацию отпорного давления оползневых грунтов, прилегающих к элементу с низовой стороны склона ( $m_c=2$  для условий, когда релаксации отпорного давления во времени не происходит, а коэффициент устойчивости примыкающих к сооружению грунтов с учетом отпорного давления  $k_y \leq 1,5$ ; при  $k_y \approx 1,0$  или полной релаксации отпорного давления  $m_c=1$ ; промежуточное значение  $m_c$  принимается по интерполяции);

Рис. V.12.7. Однорядное удерживающее сооружение, работающее на изгиб:

1 — вертикальный элемент удерживающего сооружения, работающий на изгиб; 2 — зона изменения горизонтального коэффициента жесткости грунта по глубине; 3 — зона деформируемого горизонта.

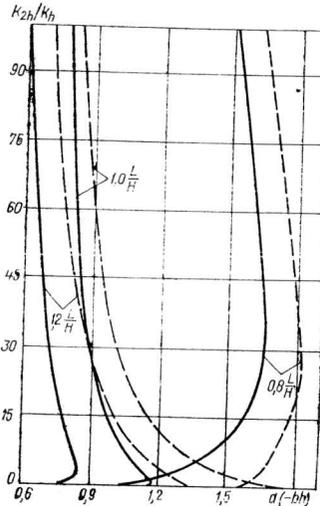
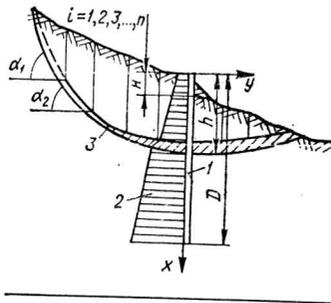


Рис. V.12.8. График для определения коэффициента  $a$  (сплошные линии) и  $b$  (пунктирные линии).

$n_i$  — коэффициент, учитывающий распределение оползневого давления между удерживающими элементами в зависимости от их местоположения (для элементов первого ряда, непосредственно воспринимающих оползневое давление,  $n_1=1,0$ ; для элементов второго ряда, расположенных в просвете между рядами,  $n_2=0,5 \dots 0,95$ ; для элементов третьего, а также элементов второго рядов, расположенных в тени за элементами первого  $n_3=0,2 \dots 0,9$ ; большее значение принимают для плотных и прочных грунтов).

Для жестких удерживающих противоположных сооружений (рис. V.12.7), когда расстояние между первым и последним рядами значительно меньше мощности оползневых грунтов, смещение удерживающего элемента на глубине  $x$  определяют по уравнению

$$y = (a + bx) \delta(t). \quad (V.12.17)$$

Коэффициенты  $a$  и  $b$  для однородной толщи оползневых грунтов определяют по графику в зависимости от соотношений  $\frac{k_h}{k_{2h}}$  и  $\frac{L}{H}$  (рис. V.12.8, где  $D=L$ ).

Величина

$$\delta(t) = \frac{6E(t)l}{b_c k_h [3h(1 - m_c a) - 4bh^2] (n_1 + n_2 + n_3)} \quad (V.12.18)$$

где  $E(t)$  — оползневое давление на 1 м фронта сооружения;  $l$  — расстояние между осями удерживающих элементов по фронту сооружения, м;  $k_h$  — коэффициент постели оползневого грунта на уровне поверхности смещения, Н/м<sup>3</sup>.

Для построения эпюры отпорного давления на участке устойчивых пород используют выражения:

$$h < x < L \text{ и } e(x) = \varphi_2(x) b_c n_i y(x, t). \quad (V.12.19)$$

Расчет на прочность удерживающих элементов производится по их несущей способности (пределным состоянием первой группы) по условию:

$$M_{\max} < M_p, \quad (V.12.20)$$

где  $M_{\max}$  — максимальный изгибающий момент в сечении вертикального удерживающего элемента, Н·м, возникающий под воздействием оползневого давления, в момент  $t$ ;  $M_p$  — расчетный изгибающий момент, Н·м, воспринимаемый вертикальным удерживающим элементом.

Для вертикальных элементов, изготовленных из буронабивных свай, армированных сталью класса А-II, значение  $M_p$  можно определять по табл. V.12.2.

V.12.2. Расчетные изгибающие моменты  $M_p$ , воспринимаемые поперечными сечениями буронабивных свай, бетонированных сухим способом, кН·м

Процент армирования	Диаметр ствола, мм					
	400	500	600	800	1000	1200
0,4	21,04	42,10	72,12	178,5	354,0	614,2
	23,79	44,67	75,53	185,5	366,4	635,9
0,6	29,97	59,92	103,5	257,0	510,6	892,2
	37,98	63,26	109,3	269,8	531,6	929,2
0,8	38,22	76,57	133,5	332,6	662,0	1155,0
	41,14	81,96	140,8	348,4	693,8	1208,0
1,0	46,23	93,51	162,3	405,6	806,6	1412,0
	49,89	99,27	171,7	425,9	849,2	1477,0
1,2	53,86	105,2	190,1	476,5	953,3	1668,0
	58,14	116,7	201,5	502,4	1000,0	1747,0
1,4	61,24	124,7	217,6	546,1	1091,0	1907,0
	65,90	133,0	230,6	576,5	1147,0	1999,0
1,6	68,44	140,2	250,4	615,0	1232,0	2154,0
	73,90	149,5	265,8	649,1	1294,0	2261,0
1,8	75,54	155,2	276,9	683,1	1370,0	2398,0
	81,31	165,4	294,0	721,6	1442,0	2519,0
2,0	82,76	169,8	303,9	749,7	1499,0	2629,0
	88,88	181,1	322,8	791,8	1577,0	2761,0
2,2	89,59	184,8	330,8	815,3	1634,0	2867,4
	96,60	197,3	350,9	860,1	1721,0	3013,0
2,4	96,26	199,0	356,5	830,5	1760,0	3103,0
	103,6	212,4	378,3	928,4	1852,0	3259,0
2,6	103,2	213,3	382,0	944,4	1893,0	3328,0
	110,8	227,5	405,9	996,4	1992,0	3495,0
2,8	102,6	227,1	408,1	1008,0	2025,0	3561,0
	118,0	242,1	432,5	1064,0	2131	3739,0
3,0	116,4	241,2	433,7	1075,4	2238,0	3791,0
	125,0	257,2	460,2	1135,0	2353,0	3982,0

Примечания: 1. В числителе дробных чисел приведены значения  $M_p$  для бетона марки 200, в знаменателе — для бетона марки 300.

2. Значения вычислены для арматурной стали класса А-II при защитном слое бетона 60 мм и симметричном расположении рабочих стержней по периметру каркаса.

3. Расчетное сопротивление бетона принято с учетом коэффициентов условий работы.

изгибающие моменты, возникающие в удерживающих элементах однорядного сооружения под воздействием оползневых давлений в расчетный момент времени  $t$ , для инженерно-геологических условий склона, показанных на рис. V.12.8, вычисляются по формулам:

$$\text{если } 0 < x < h, \quad M(x) = \frac{b_c \delta k_h}{6h} [(1-2a)x^3 - bx^4];$$

$$\text{если } h < x < L, \quad M(x) = b_c \delta \left[ (1-2a) \left( \frac{k_h x h}{2} - \frac{k_h h^2}{3} \right) - 2b \left( \frac{k_h x h^2}{3} - \frac{k_h h^3}{4} \right) - \frac{a}{2} k_{2h} (x-h)^2 - \frac{b}{6} \cdot k_{2h} (x^3 - 3xh^2 + 2h^3) \right]. \quad (\text{V.12.21})$$

Эпюру изгибающих моментов для двух- и трехрядных сооружений, элементы которых на поверхности склона объединены ростверком, строят по правилам строительной механики, рассматривая их как раму. К каждому из элементов рамы прикладываются усилия, рассчитываемые по выражениям (V.12.16) и (V.12.19). Построение эпюр начинают с нижних концов элементов, где изгибающие моменты равны нулю.

Местоположение удерживающего противооползневое сооружение определяют исходя из следующих условий: мощность оползневых накоплений в месте установки сооружения и их прочность должны быть достаточными для передачи на сооружения расчетного значения оползневых давлений; прочность элементов сооружения должна быть достаточна для восприятия расчетного значения оползневых давлений в сечении установки сооружения.

Первое условие требует соблюдения неравенства

$$E < E_{\text{макс}}, \quad (\text{V.12.22})$$

где  $E_{\text{макс}}$  — максимальное значение оползневых давлений, воспринимаемое расположенным перед сооружением грунтом и передаваемое сооружению.

Второе условие выполняется с помощью уравнения (V.12.20).

Глубину заложения удерживающих элементов ниже поверхности смещения устанавливают на основании выполнения двух условий:

по первому предельному состоянию проверяют прочность грунта, расположенного ниже поверхности скольжения,

$$k_{2h} \delta (a + bh) < P_2, \quad (\text{V.12.23})$$

где  $P_2$  — несущая способность  $1 \text{ м}^2$  устойчивых пород, расположенных около поверхности смещения, Па;

по второму предельному состоянию ограничивается величина деформаций на уровне поверхности склона по выражению

$$S_p \geq a\delta, \quad (\text{V.12.24})$$

где  $S_p$  — предельная величина перемещения верха элемента удерживающего противооползневое сооружения, м, устанавливаемая в проекте (назначается исходя из условия ограничения деформации для используемых в качестве фундамента удерживающих элементов или из предельной величины перемещения оползневых склона, вызывающего разрушение структурных связей грунта и возрастание оползневых давлений).

В первом приближении глубину заложения элементов определяют, используя зависимость

$$L \approx h \left( 1 + \sqrt[4]{\frac{k_1}{k_2}} \right), \quad (\text{V.12.25})$$

где  $h$  — мощность оползневых накоплений на участке строительства удерживающего сооружения, м;  $k_1, k_2$  — осредненные коэффициенты постели соответственно оползневых склона и пород, расположенных ниже деформируемого горизонта или поверхности смещения.

Глубина заведения удерживающих элементов в устойчивые породы должна быть, однако, не менее  $5-7 b_c$ . Для участков склонов, где возможен отход оползневых пород, расположенных с низовой стороны сооружения, вниз по склону, длину вертикальных элементов удерживающих сооружений увеличивают на  $2-5 b_c$ .

При этом последнее значение ( $5 b_c$ ) принимают в том случае, когда удерживающие элементы заводятся в глинистые грунты.

Расстояние между удерживающими элементами в ряду по фронту однорядного сооружения устанавливают из условия непродавливания оползневых грунтов между элементами под воздействием оползневых давлений:

$$l \leq P_1 \frac{b_c h \left( 1 - a - \frac{2}{3} bh \right)}{2E (1 - a - bh) (n_1 + n_2 + n_3)}. \quad (\text{V.12.26})$$

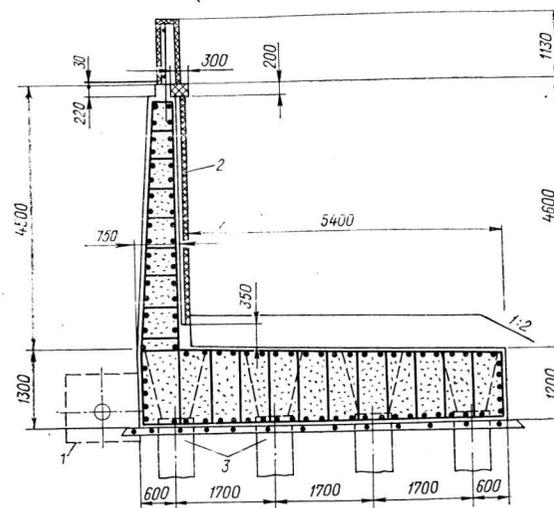


Рис. V.12.9. Подпорная стенка на буронабивных сваях:  
1 — дренаж; 2 — облицовка; 3 — свая.

где  $P_1$  — несущая способность оползневых грунтов, Па, вблизи поверхности скольжения или зоны деформируемого горизонта.

В заключение проводят проверку устойчивости удерживающего сооружения по поверхностям скольжения, расположенным ниже глубины заведения вертикальных удерживающих элементов. «Пробные» поверхности скольжения, для которых проводят расчет устойчивости, совмещают со слоями слабых грунтов, плоскостями контактов отдельных горизонтов пород, наклоненных в сторону склона, поверхностями разломов, зонами дроблений и т. п. Затем проверяют возможность развития ползучести в слоях грунтов, расположенных ниже заведения удерживающих элементов. Такая проверка особенно необходима, если указанные горизонты сложены глинистыми грунтами.

Удерживающие сооружения могут быть построены из буронабивных свай диаметром 600, 1000 мм и более, заведенных на глубину 10—20 м с любым шагом и количеством рядов. Такие свайные стены, активно включающие в работу по удержанию склона нижележащие коренные породы, способны выдерживать горизонтальные нагрузки, достигающие 500—1000 кН на 1 м и более (рис. V.12.9).

В труднодоступных местах, где невозможно применить буровое оборудование, устраняют несущие столбы, заводимые в коренные несмещаемые породы. После проходки вручную шурфов-колодцев в срубном креплении (например, размерами  $2 \times 3; 2 \times 5$  м в плане) столбы бетонируют на полный диаметр или частично. По

высоте оползневой толщи устанавливают железобетонную забирку (рис. V.12.10), чтобы предотвратить обтекание оползневыми грунтами удерживающих элементов.

Глубина колодцев может составлять 10—15 м и более, расстояние между ними — 3—6 м.

## Глава 13. ПРОТИВООПОЛЗНЕВЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

### V.13.1. ИЗМЕНЕНИЕ РЕЛЬЕФА СКЛОНА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА

К наиболее надежным методам закрепления склонов относятся планировочные работы с образованием искусственного рельефа, устройством контрбанкетов, заменой оползневых масс устойчивыми грунтами.

Проектный профиль оползневого склона, обосновываемый расчетом, должен обеспечивать: повышение общей устойчивости склона; соответствие архитектурно-планировочному решению использования территории; использование местных материалов (желательно дренирующих).

При проектировании противооползневых мероприятий соблюдают такие требования: в нижней части оползневого массива необходимо устраивать насыпи, оказывающие положительное влияние на общую устойчивость склона; в верхней части склон должен быть более устойчивым в выемке, врезанной в коренные породы; в средней части склона следует предусматривать его террасирование и перемещение грунта в пассивную зону; для насыпей в средней и верхней частях склона желательно использовать легкие материалы (РДМУ 204 УССР 010-78).

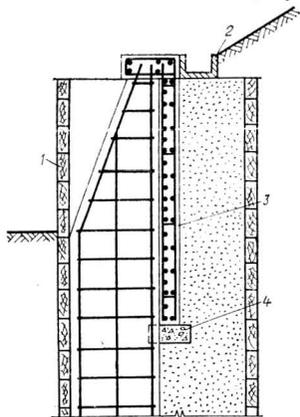


Рис. V.12.10. Столбчатая подпорная стена:  
1 — струб из брусев; 2 — лоток; 3 — железобетонная забирка; 4 — упор из бетона.

При устройстве бERM предусматривают поперечные 0,04—0,1 и продольные не менее 0,003 уклоны для обеспечения водоотвода и укладки лотков. Ширина бERM с учетом условий строительства, надзора и ухода в эксплуатационный период, а также применения механизмов должна составлять не менее 3 м. Расстояние по высоте между смежными бERмами не должно превышать 10—15 м. БЕРмы устраивают в местах изменения профиля склона, на уровне кровли наиболее прочных грунтов, укладывая на высоту высачивания грунтового потока откосные (наклонные) дренажи, а также в местах массового выклинивания подземных вод.

Удаление или замену неустойчивых грунтов предусматривают на оползневых склонах при наличии активных деформаций глинистых грунтов и на обвальных склонах (откосах) при наличии обрушающихся глыб и массивов.

Для укрепления спланированных и естественных крутых поверхностей применяют покрытия из торкрет- и набрызгбетона или аэрированного цементно-песчаного раствора с вспенивающими добавками (на предварительно навешенную и укрепленную анкерными металлическую сетку). В таких покрытиях устраивают дренажные отверстия и вертикальные деформационные швы.

Противофильтрационные покрытия, дорожки и проезды на прирочных плато, оползневых террасах и пологих склонах устраивают из гидротехнического асфальтобетона, битумоминеральных смесей с применением вязкого битума и поверхностной обработкой.

На склоны крутизной более 35° укладывают сборные или сборно-монолитные железобетонные решетки, закрепленные к нижним устойчивым слоям анкерными сваями или без них. Сборные элементы имеют прямоугольное или диагональное расположение и заполняются растительным грунтом для посева трав.

Системы поверхностного водоотвода — необходимая составная часть комплекса защитных сооружений. Расчетные расходы дождевых вод в оползневых зонах определяют по методу предельных интенсивностей. Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя принимают не менее 5, а при надлежащем технико-экономическом обосновании — не менее 10 лет. Сброс талых и дождевых вод с застроенных территорий за пределы защищаемых зон в водостоки оползневых участков допускается только при специальном обосновании.

Для устройства поверхностного водоотвода применяют: открытые и закрытые водостоки; нагорные водостоки, лотки, валы и каналы; каналы-осушители с грунтовыми и укрепленными откосами; лотки из водонепроницаемых материалов; пешеходные дорожки с усовершенствованными покрытиями; лотки дороги и лотки-перехватчики стока в тальвегах и на дорогах; шахтные водосборники, перепады, быстротоки, пешеходные лестницы, выполненные с учетом специфики их работы в условиях оползней.

Различают сети водоотвода: развитую (200 м), среднюю (100 м) и недостаточную (50 м на 1 га склона).

Мероприятия поверхностного водоотвода должны полностью исключать возможность проникновения воды в тело оползня, накопления ее в ямах, впадинах и углублениях. Крупные трещины следует заделывать, а поверхность грунта уплотнять для предотвращения замораживания и оттаивания поверхностного слоя.

При проектировании поверхностного водоотвода следует соблюдать такие требования:

- трассировка водоотводных сооружений должна производиться по кратчайшим направлениям с учетом сложившихся природных путей стока;
- лотки должны иметь телескопическую форму, допускающую деформирование на склонах;
- неукрепленные водоотводные каналы или жесткие конструкции лотков применять не допускается;
- основание и конструкция стыков звеньев водостоков должны исключать возможность утечек и размыва.

Пешеходные дорожки для водоотвода должны иметь усовершенствованные односкатные покрытия с поперечным уклоном в сторону притока воды, бортовые камни и лотки вдоль внутренней стороны. Лестницы (железобетонные, гранитные) могут служить перепадами. По бокам маршей рекомендуется устраивать лотки. Стыки элементов при этом не должны иметь щелей.

Сброс дождевых и талых вод с застроенной территории через оползневую допускается после очистки. Устройство очистных сооружений на водосточных коллекторах, расположенных в оползневой зоне, не допускается. Поверхностные стоки без очистки допускается сбрасывать с водосборов площадью до 20 га с самостоятельным выпуском в водоем, а также с береговых овражных склонов, не имеющих застройки, и садовых участков.

На выпусках водостоков в водоемы, реки и тальвеги оврагов проектируют противэрозийные устройства.

### V.13.2. ДРЕНИРОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Полный или частичный отвод грунтовых вод системами дренажей — неотъемлемая часть комплекса противооползневых мероприятий. В зависимости от инженерно-геологических и гидрогеологических условий, намечаемого использования защищаемой территории и условий производства работ применяют различные типы дренажных водопонизительных устройств:

горизонтальные дренажи — траншейные с трубами (в том числе с трубофильтрами), без труб (дренажные прорези) и галерей, штольни, пластовые, наклонные дренажи, каптажные устройства;

вертикальные дренажи — буровые скважины и шахты, забивные фильтры;

комбинированные водопонизительные системы — сочетание горизонтальных и вертикальных дренажей.

Дренажи располагают в устойчивых зонах, в смешивающейся массе по направлению движения размещают только прорези.

Перехват маломощных водоносных горизонтов осуществляется закрытыми трубчатыми, а также наклонными дренажами и каптажными устройствами.

Для осушения сложных водоносных горизонтов, перехвата мощных склоновых потоков грунтовых вод на глубинах свыше 5—7 м в городских условиях часто применяют галерейные дренажные системы (рис. V.13.1).

Закрытый способ устройства галерейных систем часто является практически единственным способом дренирования крутопадающих склонов, парковых склоновых

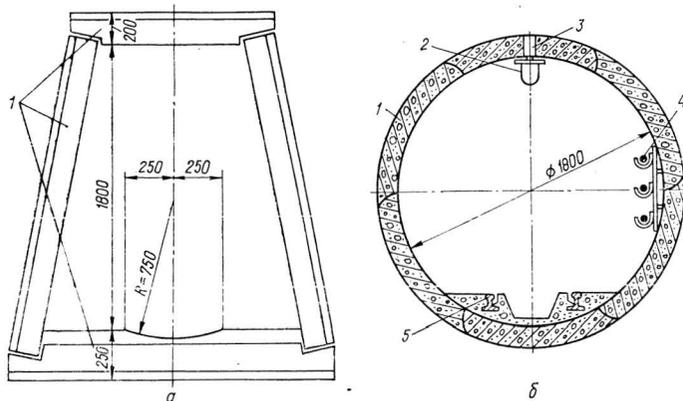


Рис. V.13.1. Галерейная дренажная система:

а — штольневая; б — щитовая; 1 — крепь; 2 — светильник; 3 — отверстие для установки забивного фильтра; 4 — электрокабель; 5 — набивка лотка из бетона.

территорий с густой растительностью, районов с историческими памятниками, а также мест, где рытье траншей не допускается по каким-либо др. причинам (рис. V.13.2).

Галереи размещают вне зоны наземных сооружений — в коренных породах или у шпикей границы распространения трещин выветривания. Забор воды из водоносных горизонтов осуществляют забивными и сквозными вертикальными фильтрами. Особенно эффективен забор воды из песчаных водомещающих пород забивными металлическими фильтрами с щелевой перфорацией (рис. V.13.3). При правильном выборе скважности фильтра и размеров щелей расход может достигать 10—20 л/с даже в мелкозернистых песках с  $k_{\text{ф}} = 1-1,5$  м/сут при мощности водоносного горизонта около 10 м.

Фильтры устанавливают через 5—10 м, вдавливая в кровлю галереи и водоносный горизонт на одну треть его мощности. Проходка галерей производится щитовым или горным способом. При щитовой проходке получают круглые сечения с обделкой железобетонными блоками, при горном — трапециевидные с креплением железобетонными элементами. Диаметр галерей и высота штолен составляют не менее 1,8 м. Конструктивный расчет обделки выполняют с учетом вертикального и бокового горного давления.

Дренажные галереи перехватывают до 80% дебита водоносных горизонтов, постепенно снижая расход по мере кольматации и засорения фильтров.

Эффективным средством для забора грунтовых вод являются горизонтальные скважины-дрены, устанавливаемые по нормали к склону. Они изготавливаются из перфорированных труб диаметром 50 мм, а иногда и трубок-фильтров различных размеров, устанавливаемых в предварительно пробуренные с уклоном 0,05—0,25 скважины. Длина дрен достигает 90 м.

Места закладки и уклоны горизонтальных скважин-дрен, а также расстояния между ними определяют на основании всестороннего инженерно-геологического исследования оползневого района.

Горизонтальные дренажи с шпунтовым рядом в основании — также достаточно

эффективные противооползневые конструкции. Эти дренажи в сложных гидрогеологических условиях с односторонним притоком грунтовых вод при глубине водоупора до 6—7 м обеспечивают полный перехват водоносного горизонта. Деревянный или металлический шпунт служит также креплением при производстве работ.

Расположение дренажей увязывается со схемой комплекса противооползневых

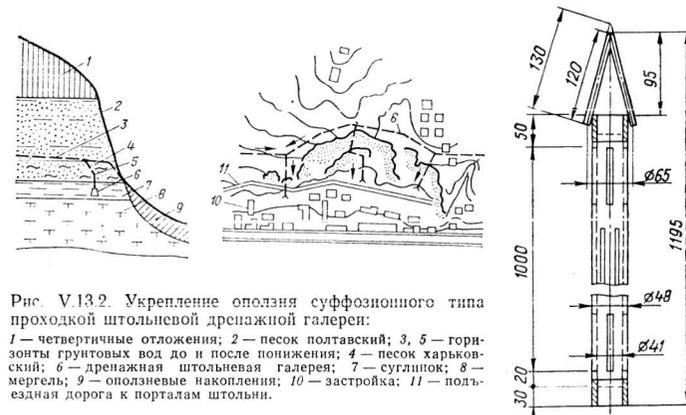


Рис. V.13.2. Укрепление оползня суффозионного типа проходкой штольневой дренажной галереи:

1 — четвертичные отложения; 2 — песок полтавский; 3, 5 — горизонты грунтовых вод до и после понижения; 4 — песок харьковский; 6 — дренажная штольневая галерея; 7 — суглинок; 8 — мергель; 9 — оползневые накопления; 10 — застройка; 11 — подъездная дорога к порталам штольни.

Рис. V.13.3. Забивной фильтр (звено).

мероприятий и генпланом освоения территории с учетом возможного изменения границ оползневых деформаций. Глубина заложения дренажей должна обеспечивать максимальный перехват водоносного горизонта.

### V.13.3. АГРОЛОСОМЕЛИОРАТИВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Завершающим этапом противооползневых работ, а также работ по укреплению откосов являются агросомелиоративные мероприятия, назначение которых — закрепление склонов против эрозии, уменьшение инфильтрации воды в грунт и закрепление его корневой системой. Следует предусматривать посев многолетних трав, посадку деревьев и кустарников в сочетании с посевом многолетних трав или одерновкой. Эти работы необходимо выполнять в строгом соответствии с агротехническими правилами, разработанными с учетом почвенно-климатических условий, особенностей рельефа и экспозиции склона, микроклимата, а также требований по планировке склона и охране природной среды.

Проектом должны быть предусмотрены мероприятия по подготовке и обработке почвы, озеленению (нормы и сроки высевы трав и других растений), выращиванию травяного покрова, уходу за ним (нормы и сроки полива) и его восстановлению.

Травосмеси на оползневых склонах, особенно на активных оползнях, должны состоять из трех-четырех видов растений: корневищных, рыхло-, стержнекустовых и др. Корневищные травы — основа сплошного травостоя. Посев многолетних трав без других вспомогательных средств защиты допускается по слою растительного грунта не менее 20 см, на склонах (откосах) крутизной до 35°. Сплошную одерновку можно применять на участках, где необходимо создавать травяной покров в короткие сроки. Однако, как правило, из-за случайного подбора трав дикого дара, большой трудоемкости и сложности получения травяного покрова нужного качества и в необходимом количестве этот способ применять нецелесообразно.

Для посадки рекомендуется выбирать деревья с глубокой стержневой корневой системой в сочетании с породами деревьев, имеющими стелющуюся поверхностную корневую систему, высокую крону и густую листву.

Применяют следующие схемы лесопосадок: кустарниковую для склонов крутизной более 20°; лесную для склонов крутизной до 20°; мелiorативно-плодовую для склонов крутизной до 12°.

На склонах следует высаживать дуб, акацию белую и ленкоранскую, каштан съедобный, фундук, инжир, эвкалипт и др. ценные породы. Обязательными требованиями при этом должны оставаться сохранение существующей растительности и правильный постоянный уход за ней. Наличие излишне густой вымирающей древесной растительности и густых лиан повышает влажность почвогрунтов на 3–4% по сравнению с расчищенными и разреженными участками.

Рядовым посадкам саженцев должен сопутствовать посев многолетних трав.

Посадку деревьев и кустарников следует производить с учетом требований ландшафтной архитектуры. В верхней части склонов необходимо избегать сплошных древесных посадок, ограничиваясь отдельными группами живописных декоративных деревьев.

Полив зеленых насаждений должен осуществляться по строго определенной норме.

#### В.13.4. ОСОБЫЕ СПОСОБЫ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ

Для нормальной эксплуатации склонов необходим отвод земель под запретную и охранную зоны. Их выделение обеспечивает более строгий контроль за ведением различных строительных работ в пределах склона, поливом зеленых насаждений, эксплуатацией сетей водопровода, канализации, теплоснабжения, водостоков и т. д. Сдача в эксплуатацию закрепленных территорий может быть допущена только после завершения всего комплекса противооползневых работ и их приемки специализированными противооползневыми службами.

К числу мероприятий, обеспечивающих повышение плотности и устойчивости горных пород, относят: цементацию, глинизацию, силикатизацию, битумизацию, электроосмотическое осушение, обжиг, электрохимическое закрепление и др. методы технической мелiorации грунтов. Выбор метода зависит от особенностей и физического состояния горных пород, а также его технико-экономической эффективности.

Для искусственного увеличения сил сцепления в грунт по поверхности скольжения вводят цементный раствор. Для повышения прочности связных известковых грунтов к ним в небольших количествах добавляют хлорид кальция. Для закрепления грунтов на глубине применяют 70 %-ный водно-известковый раствор. Длительный процесс взаимодействия известки с грунтом определенного минералогического состава способствует увеличению прочности на сдвиг.

Метод химического закрепления успешно применяют для песчаных грунтов, термический (обжиг) — для лессовых и глинистых. Спротивление грунтов сдвигу можно увеличить также электроосмотическим осушением и электрохимическим уплотнением глин.

## Раздел VI. БОРЬБА С ЭРОЗИЕЙ И АБРАЗИЕЙ ТЕРРИТОРИЙ

### Глава 14. ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭРОДИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

#### VI.14.1. ВИДЫ ЭРОЗИИ

Эрозионные процессы по генетическим признакам подразделяют на природные, антропогенные и природно-антропогенные.

В естественных условиях развиваются поверхностная (плоскостная) эрозия, вызывающая сглаживание неровностей рельефа, смыв мелкозернистых частиц грунта, в том числе гумусовых, и линейная (глубинная) эрозия, приводящая к образованию рытвин, ложбин, оврагов, балок и пр. Образование оврагов приводит к засорению пойм и русел рек продуктами разрушения пород, сокращению полезных площадей из-за расчленения рельефа, возникновению опасности обрушения зданий и сооружений. На склонах оврагов развиваются оползни, обвалы, ссыпы, что способствует расширению оврагов.

Под влиянием речной эрозии (разновидности линейной) возникают размывы ложа (донная эрозия) и берегов (боковая эрозия) рек.

К факторам и условиям, оказывающим влияние на развитие эрозии, относятся: климат, рельеф, растительный и почвенный покровы, грунты, поверхностный сток (мощность и скорость течения, интенсивность размыва), геодинамические рельефообразующие процессы, хозяйственная деятельность человека.

Антропогенная эрозия развивается под влиянием природных и антропогенных факторов и условий. В зависимости от формы проявления и развития она подразделяется (по Ф. В. Котлову) на классы (поверхностная, подземная, плоскостная, линейная) и виды (земледельческая, пастбищная, лесных вырубок и посадок, лесных пожаров, селитебная, горнопромышленная, военная, ирригационная, судходных каналов, дорожная). При этом такие виды эрозии, как земледельческая, пастбищная, лесных вырубок и посадок, горнопромышленная, военная и селитебная, могут совмещать плоскостную и линейную.

Подземная эрозия представляет собой разновидность линейной. Она приурочена к трещинам и кротовинам в массиве пород, к подземным линейным сооружениям. Подземная эрозия развивается на краевых частях склонов речных пойм, балок и оврагов, в районах распространения лессовых и рыхлых водопроницаемых грунтов.

Развитие плоскостной эрозии на селитебных территориях ограничивается применением комплекса мероприятий по их освоению и благоустройству (застройка, устройство искусственных покрытий, зеленые насаждения, регулирование поверхностного стока и др.).

На территориях населенных мест широко распространена линейная эрозия, которая возникает и развивается, главным образом, в результате интенсивного воздействия антропогенных факторов на окружающую среду.

При проектировании противоэрозионных мероприятий большое значение имеет учет интенсивности развития линейных форм эрозии, так как это позволяет прогнозировать динамику эрозионных процессов на перспективу и оценивать ущерб, причиняемый ими народному хозяйству.

#### VI.14.2. ОВРАГИ, ИХ ОБРАЗОВАНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ

Овражная эрозия развита во всех природных зонах, но наиболее сильно поражены ею водосборы и склоны речных долин, равнинные возвышенности и, в особенности, территории хозяйственного освоения.

Основными естественными предпосылками развития овражной эрозии являются морфографические и морфометрические особенности рельефа, режим стока и физико-механические свойства грунтов:

горизонтальная и вертикальная расчлененность и волнистость рельефа; крутизна и длина склонов; выпадение большого количества атмосферных осадков и интенсивное снеготаяние;

концентрация поверхностного стока; рыхлость, легкая размываемость и слабая водопроницаемость пород; резкое уменьшение сцепления между частицами при увлажнении (лессовые, супесчаные, суглинистые и глинистые грунты); образование трещин в толще подстилающих пород в результате периодического промерзания и оттаивания;

отсутствие растительности на водоразделах и склонах; глубина базиса эрозии; выклинивание грунтовых вод на склонах.

К антропогенным факторам оврагообразования относят: подрезку и распашку склонов; устройство незакрепленных насыпей и выемок при прокладке поперек склона дорог, водоотводящих канав и др. коммуникаций; неорганизованный сброс промышленных, хозяйственных, дождевых вод и снега в овраги; размывы поверхностных пород при утечках воды из водопроводной, водосточной и канализационной сетей; нарушение дернового покрова и вырубку деревьев и кустарников; искусственное понижение местного базиса эрозии.

Процесс оврагообразования протекает в несколько стадий: первая стадия — образование промоин и рытвин; вторая — врезание оврага вершиной, углубление; развитие отвершков; третья — выработка «профиля равновесия» и четвертая, к ним тухание эрозионных процессов и превращение оврага в балку. Циклы разви-

рагов могут быть нарушены хозяйственной деятельностью человека: например, при понижении базиса эрозии балка вновь может превратиться в активный овраг.

В процессе развития оврага изменяются и его морфометрические характеристики. Вначале овраг имеет сравнительно небольшую ширину при значительной глубине, обрывистые без растительности борта. Это — активный овраг. Со временем рост оврага затухает и он превращается в балку, ширина которой больше ее глубины. Склоны балки задерновываются и зарастают кустарником.

При выборе комплекса противоэрозионных мероприятий необходимо определить тип оврага и стадию его развития. Выделяют такие основные типы оврагов, как склоновые и донные, и овражные системы.

Склоновые овраги подразделяют на пристеговые (береговые), которые не выходят своими вершинами за бровку склонов балок и речных долин, приводораздельные, развивающиеся за пределами древней гидрографической сети на склонах междуречий и межбалочных пространств, и террасовые, которые расчленяют своими вершинами поверхность террасовых уровней рек.

К разновидностям донных оврагов относятся размывы, расчленяющие поймы рек, и размывы в днищах ложин и балок.

Овражные системы состоят из серии склоновых и донных оврагов.

В зависимости от морфологических признаков и стадии развития типы оврагов подразделяют на неразветвленные (одноствольные прямо- или криволинейного очертания), склоны которых изрезаны размоинами и отвешками, разветвленные, состоящие из двух стволов с общим устьем, и древовидные, которые сильно разветвлены и занимают большую площадь.

По гидрологическим признакам различают сухие овраги, не вскрывающие

водоносных горизонтов, и овраги с периодическим или постоянным грунтовым водоотком.

Скорость роста оврагов, определяемая активностью воздействия оврагообразующих факторов, колеблется от 0,5—1,0 до 100 м в год. На территориях городов она выше, чем в окрестностях.

#### VI.14.3. ЗАДАЧИ ИНЖЕНЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ ЭРОДИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Освоение земель, подверженных овражной эрозии, позволяет более рационально использовать городские территории, улучшать планировочные решения, создавать оригинальные живописные ландшафтно-архитектурные ансамбли, повышать комфортность окружающей среды.

В связи с необходимостью освоения и рационального использования в градостроительных целях неудобных земель важное значение для успешного решения этой проблемы имеют выявление, учет и оценка эродированных территорий.

Основными задачами инженерной подготовки территорий с действующими оврагами являются:

- изменение природно-техногенной обстановки на эродированных территориях с целью предотвращения развития оврагов и эрозионных процессов;
- частичная или полная ликвидация оврагов, создающих угрозу разрушения зданий и сооружений или др. особо неблагоприятные для города условия;
- проведение специальных инженерных мероприятий по подготовке и приспособлению овражных территорий к использованию их в градостроительных целях.

#### VI.14.1. Мероприятия по инженерной

Овраги	Размеры, м			Угол падения склона, град
	длина	ширина	глубина	
Мелкие	10—300	3—50	2—15	50—70
Средние: с пологими склонами	300—2000	50—100	10—30	10—40
с крутыми склонами	300—2000	50—100	10—30	50—70
Крупные: с пологими склонами	2000 и более	100—500	15—30 и более	10—20
с крутыми склонами	2000 и более	100—500	15—30 и более	30—60

\* Во всех случаях, кроме указанных мероприятий, необходимо предусматривать регулирование поверхностного стока или устройство дренажной сети на овражных и прилегающих к ним территориях, а на участках с оползновыми процессами — противооползневые мероприятия.

#### подготовке овражных территорий

Инженерные мероприятия*		Градостроительное использование	
в районах городской застройки	вне застройки	в районах городской застройки	вне застройки
Ликвидация оврагов	Лесомелиоративные мероприятия	Строительство зданий, устройство скверов, бульваров, проездов, строительство гаражей, спортивных площадок	Устройство прудов для задержания стока
Вертикальная планировка с максимальным использованием естественных условий местности. Засыпка рытвин и подсыпка дна	Регулирование поверхностного стока путем устройства на горных канав и вадом с водосбрасывающими сооружениями и водохранилищами	Устройство парков, водоемов, прокладка транспортных магистралей, инженерных коммуникаций, строительство гаражей на склонах и т. п.	Устройство водоемов, скважин, питомников и т. п.
Ликвидация оврагов в зоне капитальной застройки. В других районах уположение или террасирование склонов, их благоустройство, подсыпка дна	Лесомелиоративные мероприятия, террасирование склонов	Строительство зданий, гаражей, складов, устройство бульваров, проездов и т. п.	Устройство водоемов для задержания стока
Вертикальная планировка, засыпка размоин на склонах, подсыпка дна	—	Строительство зданий, гаражей на склонах, устройство парков, водоемов, прокладка магистралей, канализационных и водосточных коллекторов и т. п.	Озеленение, сельскохозяйственное использование, дачное строительство, устройство водоемов
—	—	Строительство гаражей, складов, прокладка магистралей, устройство парков, водоемов	Использование зависит от комплексной градостроительной оценки территории, а также технико-экономических и социальных факторов

вание поверхностного стока или устройство дренажной сети на овражных и прилегающих к ним

Способы и средства борьбы с эрозией группируют по четырем основным направлениям: организационно-технические, лесомелиоративные, агро- и гидротехнические.

Состав мероприятий по инженерной подготовке овражных территорий определяют исходя из их комплексной градостроительной оценки. При этом учитывают

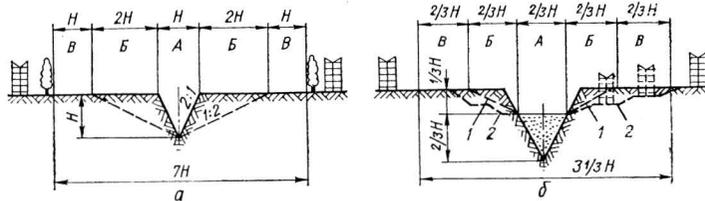


Рис. VI.14.1. Зонирование приовражной полосы:  
а — неблагоустроенных оврагов; б — при уплоднении (1) или террасировании (2) бортов оврагов с частичной засыпкой; А — В — зоны соответственно оврага, обрушения откоса и запаса.

морфометрические и морфографические характеристики оврагов, градостроительную ценность территории, дальнейшее использование прилегающей территории (табл. VI.14.1).

Строительное зонирование приовражной полосы производится в соответствии со схемами, приведенными на рис. VI.14.1. Некоторые способы освоения и виды использования оврагов иллюстрируются схемами, приведенными на рис. VI.14.2 (с. 121).

При комплексной градостроительной оценке территорий необходимо учитывать показатели двух категорий: инженерно- и социально-экономические. Инженерно-геологические условия оказывают решающее влияние на выбор варианта градостроительного использования территории. С увеличением сложности инженерно-геологических условий возрастает доля затрат на инженерное благоустройство осваиваемых территорий.

При ликвидации оврагов необходимо учитывать, что сроки самоуплотнения и стабилизации грунтов засыпки (замыва) оврагов достаточно велики (5—10 лет). Поэтому использование заполненных грунтом оврагов непосредственно для размещения зданий связано с дополнительными затратами на уплотнение грунтов.

Ориентировочная стоимость основных видов работ по борьбе с оврагообразованием, тыс. руб. на 1 га

Ликвидация оврагов путем засыпки или замыва	70—150
Частичная ликвидация оврагов с закреплением дна и вершин	20—60
Благоустройство, озеленение оврагов с закреплением дна и вершин	10—20
Ликвидация глубоких рытвин и промоин	3—10

#### VI.14.4. ПРОТИВОЭРОЗИОННЫЕ МЕЛИОРАЦИИ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

Проект противоэрозионных мелиораций и защитных гидротехнических сооружений должен предусматривать стабилизацию овражных склонов, прекращение роста вершин и отвершков, укрепление тальвегов оврагов. Для этой цели применяют: регулирование стока талых и дождевых вод; дренирование и каптаж подземных вод; искусственное изменение рельефа бортов оврагов; регулирование продольных уклонов тальвегов оврагов; лесомелиорацию; полную или частичную засыпку оврагов грунтом.

Противоэрозионные мелиорации подразделяют на профилактические и коренные. К профилактическим мелиорациям относят различные инженерные и организационно-технические мероприятия, включающие практически все виды работ, за исключением ликвидации оврагов (рис. VI. 14. 3).

Для организации поверхностного стока на эродированных территориях устраивают закрытые водостоки, водотводные кюветы и каналы в обход оврага. При необходимости сброса воды в овраги в их верховьях устанавливают закрытые водосборные сооружения с гасителями, а дно укрепляют каменным мощением или облицовкой плитами. В средней части оврагов могут быть устроены запруды, умень-

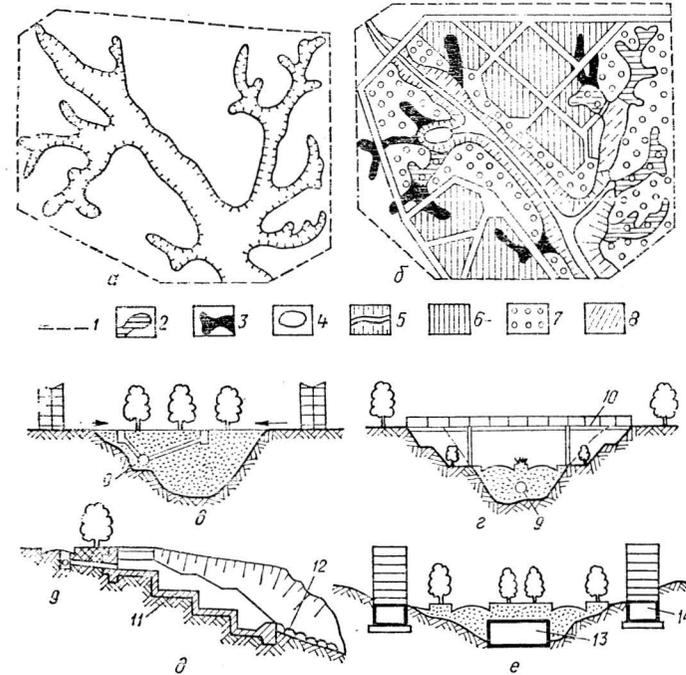
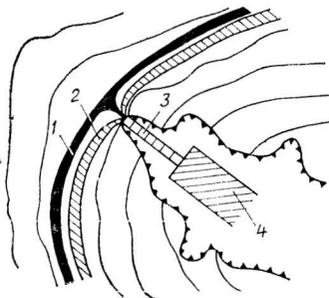


Рис. VI.14.2. Градостроительное использование и освоение овражных территорий:  
а — территория с развитой овражной системой; б — использование овражных территорий; в — ликвидация оврага в районе застройки; г — террасирование бортов оврага с частичной засыпкой и устройством проездов в разных уровнях (вариант путепровода); д — укрепление вершины и дна верхнего участка оврага; е — ликвидация оврага с устройством транспортных магистралей в разных уровнях (тоннельный вариант); 1 — граница планировочного района; 2, 3 — участки соответственно частичной и полной засыпки (замыва) оврага в районе застройки; 4 — участок оврага, использованный для устройства спортивных сооружений или зеленого театра; 5 — трассирование транспортной магистрали по ложу оврага; 6 — жилая застройка; 7 — парк общегородского значения; 8 — участок оврага, использованный для устройства водоема; 9 — водосток; 10 — путепровод; 11 — многоступенчатый перепад; 12 — каменная отмостка; 13 — тоннель; 14 — подвальное помещение здания (склад магазина).

шающие продольные уклоны, или лотки по дну. В устьевой части рекомендуется посадка кустарников. Размеры отверстий гидротехнических сооружений должны быть запроектированы на пропуск расчетного наводка с соответствующей площадью водосбора. Для предотвращения развития эрозионных процессов или их ослабления применяют водозадерживающие, водонаправляющие, водосборные и донные сооружения.

К водозадерживающим сооружениям относятся водозадерживающие валы (валы-канавы, валы-террасы) и террасы. Их устраивают на склонах крутизной до  $10^\circ$  выше вершин оврагов. Учитывая, что конструктивные элементы вала-канавы менее надежны, чем плотин, объем прудков и площади их водосбора ограничивают в зависимости от уклонов склонов и инженерно-геологических условий. Площадь водосбора одного вала не должна превышать 20 га, а объем образуемого им прудка — 10 тыс. м<sup>3</sup>.



Примеры плановых и конструктивных решений вала-канавы приведены на рис. VI.14.4 и VI.14.5.

Террасы устраивают на склонах крутизной  $7-35^\circ$ . Наиболее распространенный тип террас — с обратным уклоном полотна (под углом  $3-6^\circ$ ) и

Рис. V.14.3. Схема мероприятий по борьбе с оврагообразованием:

1 — нагорные каналы; 2 — земляные валы; 3 — многоступенчатый перепад; 4 — укрепление дна оврага.

регулирующей емкостью, рассчитанной на задержание расчетных суточных ливневых осадков, выпадающих на полотно и верховой откос (рис. VI.14.6).

Террасы с прямым поперечным уклоном полотна (под углом  $0-3^\circ$ ) без регулирующей емкости устраивают при облесении склонов с обязательным залужением насыпного откоса. Для отвода поверхностного стока в ливнеотводы полотна террас должно иметь продольный уклон  $2-3^\circ$ .

Для отвода и рассеивания поверхностных вод и выклинивающихся грунтовых вод на склонах и в тальвегах применяют водонаправляющие сооружения сечения: водонаправляющие валы и каналы; валы и каналы расплыватели (рис. VI.14.7). Если поперечное сечение водонаправляющих валов аналогично сечению водозадерживающих валов, гребню и дну следует придавать соответствующий продольный уклон. Канавы, как правило, устраивают трапециевидного сечения.

Водосбросные сооружения предназначены для организованного и безопасного сброса талых и дождевых вод на дно балок, оврагов и ложбин. Кроме того, они служат средством укрепления вершин оврагов, а в комплексе с креплением дна оврагов позволяют предотвратить развитие линейной эрозии и стабилизировать нижнюю зону откосов оврагов. Применяют следующие типы водосбросных сооружений: быстротки, перепады, шахтные, трубчатые и консольные

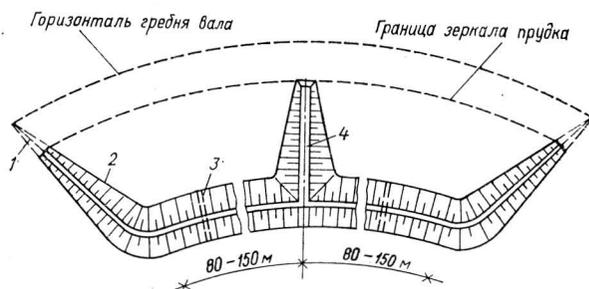


Рис. VI.14.4. Общий вид водозадерживающего сооружения на склоне (вал-канавы в плане):

1 — прорези-водотходы с донным порогом; 2 — шпора; 3 — дренаж в теле вала; 4 — перемычка.

водосбросы, земляные водоспуски в виде каналов, укрепленных лесонасаждениями (при незначительной разности отметок между вершинами и нижними бьефами оврагов).

Для возведения водосбросных сооружений используют камень, бетон, железобетон, полимерные и местные материалы (глину, хворост и пр.).

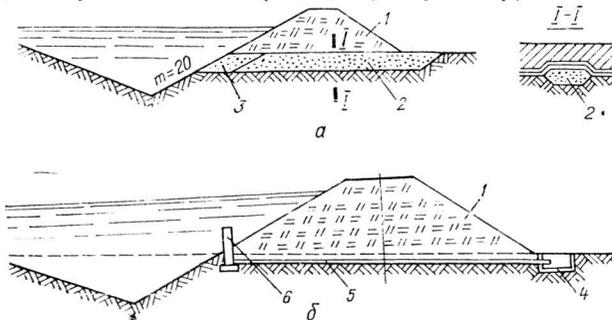


Рис. VI.14.5. Валы-канавы с дренажем из щебня и песка (а) и в виде донного трубчатого водовыпуска (б):

1 — тело вала; 2 — дрена, заполненный щебнем; 3 — песчано-щебеночная смесь; 4 — колодец-гаситель; 5 — отводящая труба; 6 — стояк дренажного устройства.

В качестве гасителей энергии водных потоков в нижних бьефах применяют водобойные колодцы, пороги, стены. При этом необходимо обеспечить сопряжение бьефов за сбросными сооружениями в виде затопленного прыжка.

Донные сооружения предназначены для предупреждения размывов дна, задержания продуктов выноса и повышения базиса эрозии, что способствует снижению активности эрозионных процессов в оврагах. Для этой цели рекомендуются устраивать запруды, полузапруды, донные пороги и перепады, сквозные запруды из трех-четырех рядов свай (с расположением их в плане в шахматном порядке) или поперечные полосы лесонасаждений.

Для защиты водопропускных сооружений от отложений наносов целесообразно устраивать регулирующие дамбы на участке от сооружения до выхода оврага к зоне отложения наносов. Для защиты дорог, гражданских и промышленных сооружений в зонах проявления осыпей, оползней и плывунов применяют различные типы подпорных стен и дренажных устройств.

Лесо- и лугомелиоративные мероприятия на овражных территориях проводят в комплексе с гидротехническими и планировочными работами. Основными задачами при этом являются обеспечение максимального противоэрозионного эффекта и создание благоприятных условий для рационального использования приовражных территорий.

Рекомендуется применять следующие виды лесомелиоративной защиты:

- прибалочные и приовражные лесонасаждения в нижних частях склонов и у бровок оврагов и балок;
- ветрозащитные, снегозадерживающие и водопоглощающие лесонасаждения на оголенных и открытых территориях, прилегающих к склонам;
- декоративно-защитные рядовые и куртинные посадки деревьев и кустарников, оформляющие овражные склоны и террасы;
- берегоукрепительные древесно-кустарниковые насаждения у берегов рек и вокруг водоемов;
- многорядные живые изгороди из кустарников, размещаемых на подтопляемых нижних частях откосов.

Залужение (посев многолетних трав или одерновка) применяют, как правило, на склонах крутизной не более  $35^\circ$ . При большей крутизне склона следует производить посев трав с пропиткой грунта вяжущими материалами. При исполь-

зовании метода гидропосева многолетних трав допускается залужение склонов крутизной до 50°.

Посадка деревьев допускается, как правило, на склонах крутизной до 15°. На более крутых склонах предварительно производят залужение и посадку кустарников. При крутизне склонов более 25—35° их рекомендуется уполаживать или террасировать с помощью промежуточных берм.

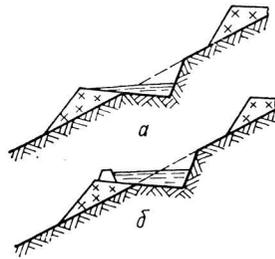


Рис. VI.14.6. Водозадерживающие террасы с обратным уклоном (а) и бортовым валом (б).

В ряде случаев экономически целесообразно проведение коренных мелиораций оврагов, предусматривающих частичную или полную их засыпку или замыв в сочетании с техническими и др. видами мелиораций. Засыпку оврагов, их верховых участков и отвешков избыточным грунтом, образовавшимся в результа-

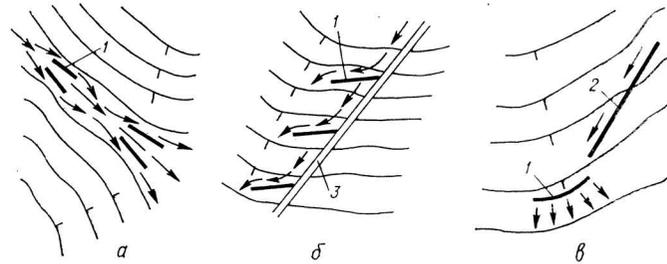


Рис. VI.14.7. Размещение валов и канав распылителей:

а — веерообразное валов-распылителей по дну ложбины; б — валов-распылителей вдоль дороги; в — канав-распылителей на косогоре; 1 — валы и каналы распылители; 2 — водоподводящий вал; 3 — дорога.

те вертикальной планировки склонов и выемок из котлованов строящихся объектов, целесообразно производить при глубине оврагов до 15 м. Замыв оврагов с использованием средств гидромеханизации следует предусматривать при их глубине до 25 м.

При разработке проекта ликвидации оврагов необходимо составлять прогноз изменения уровня подземных вод и технико-экономическое обоснование, учитывающее прямые и сопутствующие затраты на все виды работ.

## Глава 15. ЗАЩИТА ОТ РЕЧНОЙ ЭРОЗИИ

### VI.15.1. ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ РЕЧНОЙ ЭРОЗИИ И СПОСОБЫ БОРЬБЫ С НЕЙ

Речная, или русловая эрозия является составной частью русловых процессов, развивающихся вследствие взаимодействия жидкой и твердой фаз речного потока со своим ложем и берегами. Транспортируемые рекой наносы образуются в результате твердого стока с водосборов (склоновая эрозия) и размыва дна и берегов по-

стоянным водотоком (донная и боковая речная эрозия). Русловый процесс характеризуется постоянным изменением морфологического строения русла и поймы (образованием староречий, перемещением островов, побочной, осередков).

Сезонные и многолетние колебания жидкого и твердого стоков вызывают изменение морфографических и морфометрических характеристик русла. Изменения гидрологического режима рек связаны также с воздействием антропогенных факторов — регулированием стока с целью использования водных ресурсов в различных отраслях народного хозяйства.

Деформации русел рек под влиянием указанных факторов в пределах селитебных территорий приводят к снижению устойчивости и разрушению зданий и сооружений, а также способствуют образованию оврагов и активизации оползневых процессов. Наиболее эффективные способы борьбы с этими явлениями — укрепление речных берегов и регулирование речных потоков. В этих целях проектируют:

на реках с неустойчивым меженим руслом — устройство регуляционных или выправительных сооружений (шпор, траверс, полузапруд, или бун), струенаправляющих дамб, отбойных защитных стен, «смягчение» продольных уклонов дна с помощью системы барражей (переливных стен); канализование русел;

на реках с устойчивым меженим руслом — строительство откосных береговых укреплений, подпорных стен набережных и полуткосных набережных.

Выбор способа регулирования русел и типа выправительных и берегоукрепительных сооружений должен производиться с учетом гидрологических и инженерно-геологических условий, формы русла, рельефа прибрежной полосы и архитектурно-планировочных требований. При надлежащем технико-экономическом обосновании допускается применение комплекса различных типов сооружений с учетом опыта их строительства и эксплуатации в аналогичных условиях, а также возможности использования местных материалов и индустриализации работ.

### VI.15.2. РЕГУЛИРОВАНИЕ РУСЛ

Регулирование русел рек включает обширный комплекс мероприятий, которые обеспечивают устойчивое течение и транзитное транспортирование наносов, предупреждают размыв берегов и оснований сооружений, образование мелей и пойменных рукавов, создают условия для плановой подачи воды в водозаборные узлы при минимальном захвате наносов и др.

Выправительные работы на участках реки значительной протяженности проводятся в тех случаях, когда укрепление берегов и дна русла, возведение оградительных и др. сооружений на сравнительно небольших участках по длине реки не обеспечивают получение ожидаемого результата. Общей задачей выправительных работ является создание устойчивого речного русла, удовлетворяющего определенным хозяйственным требованиям (градостроительства, судоходства и др.) при минимальных эксплуатационных затратах.

В естественных условиях устойчивое неразмываемое русло, обеспечивающее транзит наносов, имеет в плане меандровую форму и вследствие действия центростремительных сил изменяемую геометрию поперечных сечений с четко выраженной асимметрией их очертаний в вершинах излучин. В связи с этим ось выправительной трассы проектируют в виде плавного сопрягающихся синусоидального вида кривых с переменным радиусом кривизны. Допускаются короткие прямолинейные участки. Величина радиуса должна плавно измеряться от оптимального (минимального) значения  $R_0$  в вершине излучины до максимального  $R = \infty$  в ее конце.

Характеристики такой кривой определяют по формулам:

$$x_0 = \frac{\pi}{2} k R_0; y_0 = k^2 R_0; k = \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}. \quad (\text{VI.15.1})$$

Уравнение кривой имеет вид:

$$y = y_0 \cos \frac{\pi x}{2x_0}. \quad (\text{VI.15.2})$$

Значение радиуса  $R_0$ , зависящее от эксплуатационных требований и размеров потока (по формуле С. Т. Алтуняна),

$$R_0 = 4B,$$

где  $B$  — ширина устойчивого русла по урезу воды, м;

$$B = \frac{AQ^{0,5}}{I^{0,2}}, \quad (\text{VI.15.3})$$

где  $A$  — параметр устойчивости, характеризующий форму поперечного сечения русла (табл. VI.15.1);  $Q$  — руслоформирующий расход, м<sup>3</sup>/с;  $I$  — продольный уклон водной поверхности.

#### VI.15.1. Количественные оценки критериев устойчивости русл

Классификация устойчивых участков рек, по С. Т. Алтушину, для руслоформирующего расхода 3—10 %-ной обеспеченности	Коэффициент устойчивости $k_d$	Число Фруда $Fr$	Параметр $A$ в формуле (V.15.3) для профиля		Показатель степени $m$ при $k=10$ и формуле (VI.15.4) для профиля	
			с размываемым дном и неразмываемыми берегами	с размываемыми берегами и дном	с размываемым дном и неразмываемыми берегами	с размываемыми берегами и дном
Высокогорный участок. Русло сложено из обломков скал и булыжника	10	1,0	0,5	0,75	—	1,0
Горный участок. Русло сложено из булыжника и гальки. Скорости и уклоны близки к критическим	7	1,0—0,5	0,75	0,9	1,0	0,8
Предгорный участок, выход реки из гор в долину. Русло сложено из гальки, гравия, песка. Поток спокойный	6	0,5—0,2	0,9	1,0	0,8	0,75
Среднее течение (равнинный участок). Русло сложено из крупного, среднего и мелкого песка. Поток спокойный	5	0,2—0,04	1,0	1,1	0,75	0,7
Нижнее течение. Русло сложено из мелких песков: размываемое дно и неразмываемые берега (Волга, Дунай, Сырдарья); размываемые берега и дно (Амударья)	2	0,2—0,02	1,1	—	0,75	—
	1	0,3—0,2	—	1,7	—	0,5

Для определения ширины устойчивого русла  $B$  можно использовать формулу В. Г. Глушкова:

$$B^m = (k_1 H_{cp}), \quad (\text{VI.15.4})$$

где  $m=0,5—1,0$  (определяют по данным натурных исследований (табл. VI.15.1));

$H_{cp} = \frac{\omega}{B}$  — средняя глубина при руслоформирующем расходе, м;  $\omega$  — площадь живого сечения, м<sup>2</sup>;  $k_1$  — коэффициент, равный 3—4 для рек с трудноразмываемыми и неразмываемыми берегами, 8—12 — для устойчивых в плане аллювиальных русл, 16—20 — для рек с легко размываемыми берегами.

При трассировке выправительного русла целесообразно использовать участки меженного русла с минимальными отложениями наносов, а на участке многоруканного русла — рукав, имеющий тенденцию к развитию. Прямолинейные (спрямляющие) вставки целесообразно предусматривать на участках существующих русл с небольшими уклонами (пониженной пропускной способностью). Это позволяет сокращать объемы земляных работ.

Между гидравлическими элементами русла имеется зависимость

$$Q = BH_{cp} v_{cp}. \quad (\text{VI.15.5})$$

С учетом уравнения Шези  $v_{cp} = C\sqrt{Ri} \approx C\sqrt{H_{cp}I}$ , соотношений  $\omega \approx BH_{cp}$  и  $v_{cp} = Q/\omega$  выражения для величин  $B$  и  $H_{cp}$  имеют вид:

$$B = \frac{Q}{CH_{cp}} \sqrt{\frac{1}{IH_{cp}}}; \quad (\text{VI.15.6})$$

$$H_{cp} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{B^2 C^2 I}}. \quad (\text{VI.15.7})$$

Профиль русла на криволинейных участках выправительной трассы может быть определен по одной из приближенных формул, например:

$$y = H_0 \left(1 - \frac{x^2}{b^2}\right) \left(1 + \frac{k_0 x}{R}\right), \quad (\text{VI.15.8})$$

где  $H_0 = \frac{3}{2} H_{cp}$ ;  $b = \frac{B}{2}$ ;  $k_0 = 5,34$ , если поток не выходит за пределы русла, и  $k_0 = 8,01$ , если поток выходит на пойму;  $R$  — радиус кривизны вогнутого берега, м.

К гидравлическим элементам выправительного русла предъявляются следующие требования: соответствие глубины и ширины русла условиям его эксплуатации; постоянство скорости по длине русла (допускается ускорение потока); устойчивость русла против размыва и запления по всей длине трассы; соответствие заложения откосов поперечного сечения русла (параболического, полигонального и др.) категории грунта ложа и берегов, а также способу производства работ.

Расчет русла рекомендуется производить не менее чем для трех расходов воды: паводкового  $Q$  обеспеченностью 3—10% (руслоформирующего), среднепаводкового  $Q_{cp}$  за время интенсивного движения наносов и среднемеженного  $Q_m$ . Кроме того, пропускная способность русла должна проверяться на катастрофический расход заданной обеспеченности.

После установления геометрических параметров русла строят продольный профиль по оси трассы для среднего уклона поверхности потока. Если уровни на смежных участках не совпадают, производят поперечный гидравлический расчет и вносят коррективы во все элементы проектируемого русла. Далее проверяют расчеты русла на неразмываемость и незаияемость.

Устойчивость каждого участка за проектированного русла следует оценивать по четырем показателям:

по коэффициенту устойчивости В. М. Лохтина, характеризующему устойчивость продольного профиля (табл. VI.15.1),

$$k_d = \frac{d}{I_d}, \quad (\text{VI.15.9})$$

где  $d$  — средний диаметр частиц, слагающих русло реки, мм;  $I_d$  — падение дна реки на 1 км, м;

по параметру кинетичности — числу Фруда  $Fr$ , характеризующему энергетическую структуру потока,

$$Fr = \frac{\alpha v^2}{gH}, \quad (\text{VI.15.10})$$

где  $\alpha$  — коэффициент распределения скоростей по сечению;  $v$  и  $H$  — скорость в м/с и средняя глубина в м при руслоформирующем расходе; по параметру устойчивости поперечного профиля  $A$  или по его характеристикам  $m$  и  $k_1$ ;

по характеру движения потока (уклон, тип участка). Для предотвращения деформаций речных русл и обеспечения устойчивости выправительных трасс применяют различные типы регуляционных (выправительных) сооружений.

По особенностям конструкций и воздействию на поток различают сооружения: массивные, сквозные или заилители, а также струнаправляющие. По расположе-

нию в потоке относительно его динамической оси выделяют продольные и поперечные сооружения. Зона влияния поперечных сооружений обычно превышает их длину в несколько раз. Хороший эффект достигается при комбинированном использовании сооружений обеих групп. Это оправдано и экономически.

По конструктивным признакам выделяют пять групп сооружений: дамбы (валы); запруды (переливные и глухие), перекрывающие поток по всей ширине русла; по-

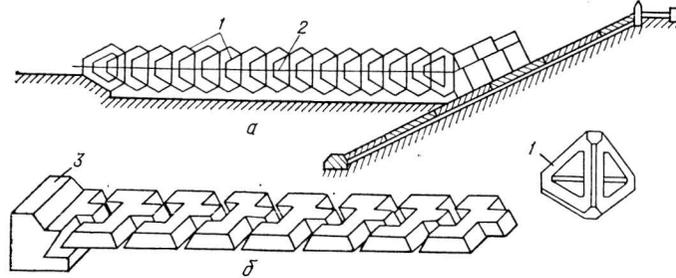


Рис. VI.15.1. Сборные конструкции поперечных регуляционных сооружений: а — сквозная шпора из тетраэдров; б — гибкая полузаграда из железобетонных элементов; 1 — железобетонный тетраэдр; 2 — стальной соединительный трос; 3 — корневой блок.

лузапруды (буны) и шпоры, сопрягаемые с одним берегом; берего- и двуопорные сооружения, не примыкающие к берегам (главным образом, щитовые, защищающие землечерпательные прорезы от наносов).

По сроку службы различают временные и постоянные выправительные сооружения.

К простейшим элементам конструкций регуляционных сооружений относят легкие и тяжелые фашины, прутяные канаты; легкие и тяжелые (с пригрузкой камнем) тюфяки; хворостяные покрытия; хворостяные и каменно-хворостяные выстилки; плетневые заборы; фашинная кладка; силан; бетонные и железобетонные конструкции различных видов (плиты, тюфяки, обычные и фасонные блоки и др.); ряжи деревянные и из железобетонных элементов; металлические сетки и покрывала; габионы прямоугольные и цилиндрической формы; химические пленочные и др. покрытия грунтовых сооружений.

Продольные массивные сооружения — дамбы — выполняют функции оградительных береговых, оградительных русловых и струенарправляющих сооружений. Их располагают вдоль потока на берегу или в русле и ориентируют в зависимости от планового положения выправительной трассы.

Поперечные массивные сооружения возводят из грунта, каменной наброски, фашинной кладки, тюфяков (из различных материалов), сборных железобетонных элементов. Такие сооружения могут иметь и комбинированную конструкцию. В зависимости от высоты (и, следовательно, целей регулирования) применяют донные, межвенные и паводковые сооружения. Поперечные сечения обычно имеют очертания трапеции, элементы которой (ширину гребня, заложение откосов) устанавливают в зависимости от условий работы сооружения.

Запруды служат для перекрытия рукавов и проток для поддержания соответствующих глубин в основном русле. Донные запруды (пороги) используют для стабилизации дна.

Наиболее широко применяют полузапруды: длинные — буны и короткие — шпоры ( $L \leq 0,331B$ ). Активно воздействуя на структуру потока, они выполняют роль наносорегулирующих и наносозадерживающих сооружений на защищаемых участках берегов (рис. VI.15.1).

При проектировании полузапруд выполняют следующие правила: головы сооружений у вогнутых берегов располагают по плавной кривой с повышенным радиусом кривизны существующего очертания берега;

сооружения по отношению к потоку ориентируют с некоторым наклоном по направлению течения («пошерстное» расположение) — при условии незаоплываемости или против течения («противошерстное») — для подводных сооружений;

длину сооружений определяют расчетом; расстояние  $S$  между полузапрудой устанавливают исходя из необходимости закрепления выправительной трассы и обеспечения накопления наносов в межбуных пространствах  $S \approx 0,35B$  для вогнутых берегов и шпор,  $S \approx 1,5B$  для выпуклых берегов и бун; шпоры можно располагать также на расстоянии  $S=4L$ ;



Рис. VI.15.2. Регулирование русла реки: а — схематический план выправительной трассы и компоновки регуляционных сооружений; б — ось выправительной трассы и поперечные сечения русла на участках АВ (а), ВС (б) и CD (в); 1 — шпора; 2 — струенарправляющая дамба; 3 — полузаграда; 4 — дамба обвалования; 5 — траверс; 6 — полузаграда для регулирования русла в паводок; 7 — береговая опора для укрепления существующего берега; 8 — запруда; 9 — кромка землечерпательной прорези, выполненной для создания нового русла; 10 — участок срезаемого берега.

первая и последняя полузапруды в системе должны быть укороченными — для более плавного распределения нагрузок и сопряжения с прилегающими участками берега (для предупреждения их размыва).

Плановое размещение выправительных сооружений (рис. VI.15.2) и их высотное положение проектируют на основе результатов натурных, а при необходимости, и модельных исследований. Линия выправительных сооружений должна быть доведена до устойчивых участков русла, а их корневая часть прочно и надежно «врезана» в берег. Головные части сооружений и их основания следует надежно укреплять и защищать от общего и местного размывов. Продольный уклон гребня полузапруды у корневой части сооружения должен составлять 1:10—1:40, а в русловой — 1:40—1:100 и менее. Ширину гребня определяют из условия обеспечения его прочности при воздействии ледовых нагрузок.

Сквозные сооружения устраивают в виде преград из рядов свай, ветвистых, сетчатых и др. завес. В регуляционных работах широко используется способность этих сооружений осажать наносы за преградой или между рядами завес. Для этого сооружения располагают поперек потока, вдоль берега или в виде полей повышенной шероховатости (по площади).

Струенарправляющие сооружения — системы косо направленных плавучих или донных щитов, активно воздействующих на руслоформирующие процессы благодаря созданию устойчивой поперечной циркуляции. Эти сооружения очень эффективны, но их применение ограничивается условиями судоходства. Чаще всего их используют для защиты водозаборов от занесения песком.

### VI.15.3. УКРЕПЛЕНИЕ РЕЧНЫХ БЕРЕГОВ

В связи с градостроительным использованием прибрежных территорий возникает необходимость точной фиксации берегов и их благоустройства. Берегоукрепительные сооружения должны защищать берега рек от размыва течениями, воздействием льда, ветровых и судовых волн, дождевых и талых вод, воспринимать нагрузки от навалов судов.

Конструктивные решения по укреплению речных берегов принимают в зависимости от цели предполагаемого использования укрепленного участка и с учетом

инженерно-геологических и гидрологических условий береговой полосы. Капитальные набережные с вертикальными подпорными стенами (наиболее дорогостоящий вид укрепления) рекомендуется применять только в крупных городах и в центральных районах небольших городов. Более экономичными вариантами являются откосные укрепления берегов.

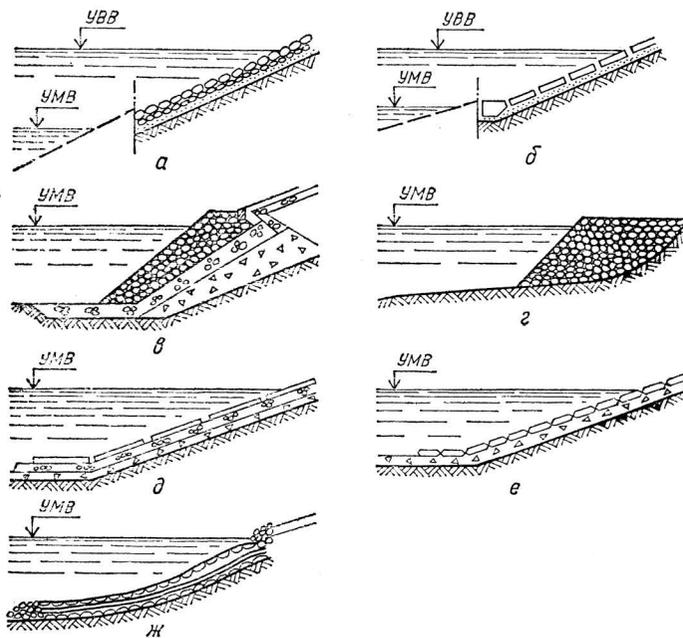


Рис. VI.15.3. Крепление береговых откосов в зоне переменного уровня (а, б) и в подводной зоне (в — ж): а — мощение камнем; б — железобетонные плиты; в — каменнанабросная опояска; г — контрбанкет; д — железобетонные плиты; е — железобетонный тюфяк; ж — каменно-хворостяной тюфяк.

Условия работы берегоукрепительных сооружений существенно зависят от их размещения относительно рабочих уровней воды. В связи с этим принято выделять три зоны крепления береговых откосов: подводную, переменного уровня и надводную — незатопляемую.

Для защиты надводной зоны береговых откосов применяют: растительные покрытия (засев травами, одерновку в клетку, сплошную одерновку, посадку кустарников); химическое закрепление грунтов смолами; монолитные грунто- и асфальтобетонные покрытия.

Для защиты береговых откосов в зоне переменного уровня используют (рис. VI.15.3): мощение камнем; каменную наброску; габионные укрепления; сборные железобетонные разрезные плиты — гибкие промышленные конструкции, требующие устройства подготовки в виде обратного фильтра и допускающие деформации; сборные железобетонные омоноличенные по контуру плиты, укладываемые на подготовку из щебня или гравия и обеспечивающие более высокую устойчивость, чем разрезные плиты; монолитные железобетонные плиты, которые целесооб-

разно применять при малых объемах работ, на криволинейных участках и в сложных гидрологических условиях; бетонные массивы, сооружаемые при больших глубинах и на горных реках с высокой амплитудой колебания уровня воды; наброски из фасонных блоков, применяемые, главным образом, в сложных гидрологических условиях.

Бетонные массивы и фасонные блоки применяются также в конструкциях массивных берегоукрепительных сооружений на оползнеопасных участках береговых склонов.

Для укрепления подводных откосов и оснований сооружений применяют (рис. VI.15.3): хворостяные и камышитовидные тюфяки; тонкие гибкие покрытия из железобетона толщиной 5 см; гибкие бесфильтровые железобетонные покрытия толщиной 10—15 см; сборные железобетонные плиты толщиной не менее 20 см. Эти виды плитных покрытий не требуют устройства обратного фильтра.

Виды и конструкции ограждающих стен набережных (рис. VI.15.4) определяются геоморфологическими особенностями рельефа берега, архитектурно-планировочными решениями проездов и застройки прибрежной территории. По очертаниям внешних (омываемых) граней их подразделяют на виды: вертикальные (чаще с наклоном 1/5—1/20), наклонные прямолинейные, ломаные, криволинейные и подукосные (одевающие, несущие) с уклоном в нижней части до 45°.

Для защиты городских набережных чаще всего применяют бетонные (реже каменные) и железобетонные конструкции подпорных стен. По конструктивным признакам различают: массивные (монолитные, из каменной наброски, из блоков и массивов-гигантов); тонкостенные уголкового профиля, в том числе контрфорсные; тонкостенные шпунтовые, в том числе анкерные. По способу производства работ стены подразделяют на монолитные, сборные и комбинированные.

В зависимости от геологического строения берега и гидрологических условий подпорные стены устраивают на естественном или искусственном — свайном основании. В случаях, когда плотные грунты, не допускающие забивки свай, залегают на глубине менее 3—4 м ниже отметок максимального размыва, стены целесообразно устраивать на отдельных стоящих опорах.

В соответствии с архитектурно-планировочными требованиями подпорные стены обычно сооружают при высоте засыпки до 4—6 м. В отдельных случаях допускается сооружать стены большей высоты. Для повышения их устойчивости устраивают один или два яруса разгрузочных площадок или анкерных креплений. Чтобы не допустить появления трещин в стенах, устраивают деформационные швы через 10—15 м по длине в бетонных и через 30—40 м в железобетонных конструкциях, а также в местах резкого изменения свойств грунтов оснований. В этих же местах устраивают швы и в облицовке — вертикальные или по штрабе.

Прилегающая к стене засыпка должна состоять из крупнозернистого песка или гравия. Поверхности стен, соприкасающиеся с грунтом, покрывают слоем гидроизоляции. Вдоль тыльной стороны стены устраивают дренаж в виде обратного фильтра и водоотводные отверстия в теле стены, располагая их несколько выше или ниже нормального (бытового) уровня воды.

Для укрепления откосов подводной зоны при значительных глубинах и скоростях течения рекомендуется возводить упорные пояса и береговые банкететы. Выше уровня меженичных вод могут быть устроены железобетонные покрытия откосного типа. На предгорных и горных участках рек с бурным течением берега укрепляют массивными стенами с противоразмывным зубом или глубоким фундаментом, а также скользящие и оседающие массивы (рис. VI.15.5).

## Глава 16. ПРОТИВОАБРАЗИОННАЯ ЗАЩИТА БЕРЕГОВ МОРЕЙ И ВОДОХРАНИЛИЩ

### VI.16.1. ЗАДАЧИ ИНЖЕНЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Инженерная подготовка прибрежных территорий производится с целью стабилизации неустойчивых территорий для дальнейшего их использования. В комплексе мероприятий по инженерной подготовке этих территорий первостепенное значение отводится борьбе с волновой абразией и оползневыми явлениями.

Важным этапом при разработке планов освоения прибрежных территорий является инженерно-геологическое районирование берегов на ос-

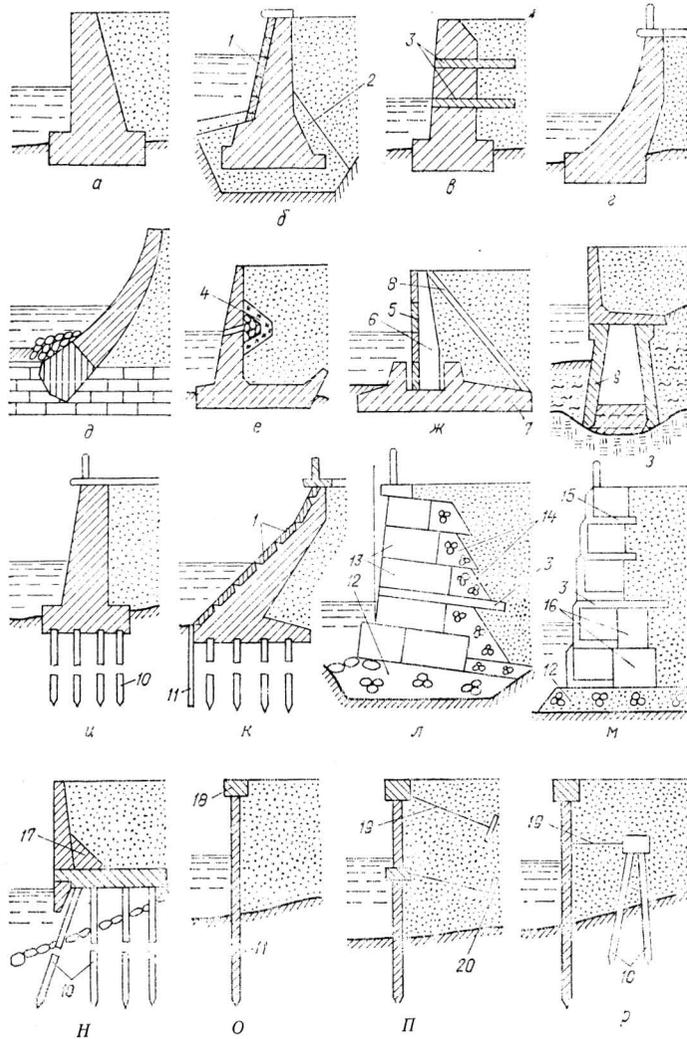


Рис. VI.15.4. Бетонные и железобетонные подпорные стены набережных:  
 а, в, г — монолитные бетонные на естественном основании; б — то же на песчаной подушке;  
 д — железобетонная откосного типа; е, ж — железобетонные уголкового типа (соответственно  
 монолитная и сборная); з — на отдельно стоящих опорах, доведенных до плотных грунтов; и,  
 к, н — соответственно бетонная монолитная и железобетонные (монолитная и сборная) на свай-

ном основании; л, м — сборные из кладки бетонных массивов (блоков); о — р — шпунтовые и анкерные;  
 1 — облицовка; 2 — подушка из рефулированного песка; 3 — железобетонная разгрузочная площадка;  
 4 — дренаж с водоотводной трубкой; 5 — сборная плита; 6 — тавровое вертикальное ребро;  
 7 — сборный элемент фундаментной плиты; 8 — тяж или ребро жесткости; 9 — опускной колодец;  
 10 — свая; 11 — шпунт; 12 — каменная постель; 13 — бетонный массив; 14 — сплошная граничная облицовка;  
 15 — уголкового сборный элемент; 16 — бетонный блок; 17 — бетон омоноличивания;  
 18 — железобетонный шапочный брус; 19 — тяж анкера; 20 — плита анкера.

нове изучения природной и антропогенной обстановки в береговой зоне, особенностей развития инженерно-геологических процессов на отдельных участках береговой полосы. Схема районирования территорий (по И. В. Попову) состоит из следующих таксономических единиц: региона, области, района, подрайона, участка и элемента. Выделение более или менее однородных территориальных единиц лежит

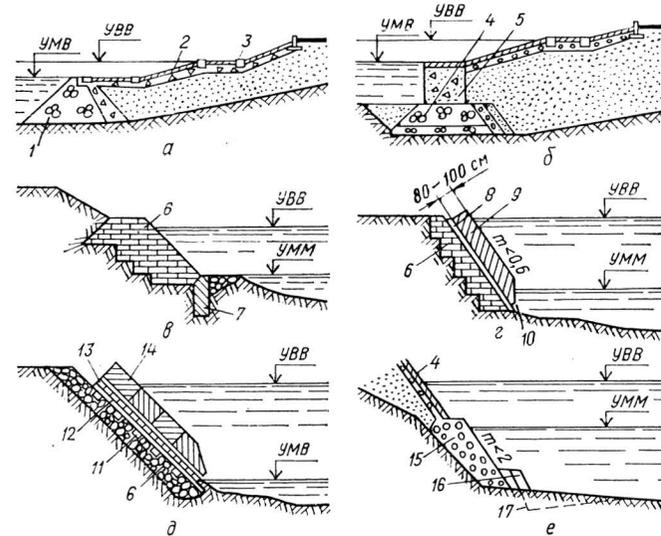


Рис. VI.15.5. Укрепления речных берегов в сложных условиях:

а, б — упорные пояса соответственно из каменного банкета и массивов-гигантов; в — подпорная стена с противоразмывным зубом; г — оседающий массив; д, е — скользящий массив:  
 1 — банкет из каменной наброски; 2 — монолитное или сборное железобетонное покрытие откоса;  
 3 — продольный бетонный упор; 4 — каменная постель; 5 — железобетонная облицовка, заполняемая грунтом;  
 6 — сухая кладка из камня; 7 — бетонный противоразмывной зуб; 8 — прокладка из толя;  
 9 — бетонный массив; 10 — металлический уголок-нож; 11 — поперечный лежень;  
 12 — направляющий продольный лежень; 13 — бруски-салазки; 14 — бетонный блок;  
 15 — каменная наброска; 16 — разрушаемая часть призмы; 17 — прогнозируемый размыв дна.

В основе инженерно-геологического обеспечения хозяйственного использования береговых зон и проектов природоохранных мероприятий. С учетом инженерно-геологического районирования разрабатывают генеральные схемы инженерной защиты побережий.

При составлении проектов инженерной подготовки отдельных участков береговой полосы (таксономических единиц низшего ранга) целесообразно выделять инженерно-строительные зоны. Такое зонирование осуществляют исходя из наличия двух предпосылок:

тесной взаимосвязи между геологическим строением берегового склона, его геоморфологическими особенностями, литологическими, гидрогеологическими и гидрологическими условиями участка, которая проявляется в преимущественном развитии того или иного процесса в пределах выделенного таксона.

соответствия между доминирующими факторами, условиями, особенностями развития береговых процессов и средствами инженерной подготовки.

При планировании освоения водохранилищных берегов особого внимания заслуживают водоохраных зон и зон ограничения нового капитального строительства. Здесь важное значение приобретает прогноз ширины зоны переработки берега и подтопления. В зависимости от решения этих вопросов конкретизируется и состав мероприятий по инженерной подготовке прибрежных территорий.

Основное требование берегоохранных мероприятий к составу и компоновке берегозащитных сооружений заключается в том, чтобы они, эффективно защищая берег, не вступали в противоречие с остальными мероприятиями по охране берегов.

#### VI.16.2. ПРИНЦИПЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ БЕРЕГОВ ОТ ВОЛНОВОЙ АБРАЗИИ

Противоабразионную защиту береговых зон следует проектировать с учетом результатов изучения закономерностей формирования берегов естественных и искусственных водоемов, планируемого использования территорий, а также направленности развития береговых процессов как регионального, так и локального характера.

На характер деформации берега оказывают влияние: волновой режим акватории, амплитуда колебаний уровней и продолжительность стояния горизонтов воды в водоеме, геоморфология и литодинамика берегового склона, общие геологические процессы поднятия и опускания берегов. В зависимости от сочетания указанных факторов развитие (переформирование) берегов происходит по абразионной или аккумулятивной схеме. При абразионной схеме море наступает на сушу, а береговая отмель формируется в виде бечки — подводного склона. С преобладанием аккумулятивных процессов береговая линия постепенно смещается в сторону акватории из-за отложения наносов и продуктов абразии коренного берега, образующих так называемые прилепленные формы пляжа.

Во всех случаях конечной стадией переформирования берега является выработка профиля динамического равновесия подводной и надводной частей берегового склона. На этой стадии абразионно-аккумулятивные процессы затухают, баланс наносов стремится к нулевому значению. Энергия волн полностью гасится на пути от глубокой воды до прибрежной зоны. Такими устойчивыми образованиями являются бечки и пляжи. Эти береговые формы, с инженерной точки зрения, могут рассматриваться как совершенные природные берегозащитные сооружения.

Основные условия, предопределяющие прогрессивность инженерных решений в области береговой гидротехники, — это повышение надежности работы сооружений и снижение удельной стоимости берегозащитных мероприятий. В поисках более эффективных способов и средств противоабразионной защиты берегов четко определились два направления — инженерное и инженерно-морфодинамическое. Первое развивается по пути совершенствования конструкций традиционных типов сооружений (волноотбойных стен, бун, волноломов, откосных покрытий), второе — на основе использования принципов природных аналогов и минимального нарушения естественных процессов развития берегов.

Принципы защиты берегов от волновой абразии основываются на следующих положениях:

изучении закономерностей развития берегов и использовании их для совершенствования методов и средств противоабразионной защиты;

использовании сооружений, регулирующих режим движения водных масс и потоков наносов в прибрежной зоне, т. е. осуществлении направленных воздействий на берегообразующие факторы с целью стабилизации (консервации) существующих аккумулятивных образований или создания (наращивания) устойчивых искусственных береговых форм — принцип активной защиты;

использовании сооружений, защитные функции которых заключаются в непосредственном ограждении берегов от разрушающего действия волн.

#### VI.16.3. БЕРЕГОЗАЩИТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Берегозащитные сооружения в зависимости от типа водоема подразделяют на морские, озерные и водохранилищные.

По принципу работы различают сооружения пассивной и активной защиты. Сооружения первой группы называют также волнозащитными. Они защищают берега благодаря своей прочности, противопоставляя свою массу энергии волн. Это — волноотбойные стены набережных, упорные пояса, береговые опояски, дамбы обвалования, береговые одежды, незатопленные волноломы, облицовки скалистых крутых берегов.

Активный способ защиты предполагает направленное взаимодействие сооружений с волновым потоком. Такие сооружения обладают наносорегулирующей и наносодерживающей способностью. При удачно выбранных размерах и компоновке этих сооружений образуется достаточно широкая полоса пляжа, надежно защищающая коренной берег от размыва.

Отдельные виды и типы сооружений классифицируют по конструктивным признакам, сопротивлению внешним нагрузкам, условиям работы и выполняемым функциям, виду использованного строительного материала и др. признакам.

В практике берегозащиты используют также различные сочетания разнотипных сооружений. Во всех случаях проектное решение должно быть достаточно обоснованным. Независимо от типа укрепления оно должно распространяться по возможности на всю зону активного воздействия волн на береговую полосу, ограниченную верхним пределом воздействия расчетных волн на береговую откос и нижним пределом массового размыва грунта подводного склона.

Для укрепления пологих берегов и откосов гидротехнических сооружений широко используются различные типы откосных креплений (одежды). В зависимости от природных условий побережья и возможностей местной производственной базы (преимущественно на водохранилищных берегах) применяют крепления:

каменные — в виде мостовой или наброски из естественного камня или бетонных массивов (преимущественно фасонные блоки);

железобетонные — в виде монолитных плит (карт) из армированного бетона или сборных плит;

асфальтовые — в виде омоноличенных асфальтом каменных креплений различных типов с гладкой или шероховатой поверхностью или асфальтобетонных покрытий;

грунтоцементные — в виде облицовок ступенчатого типа (жесткие смеси) и обычных покрытий (пластичные смеси) для укрепления откосов продольных дамб. Жесткий грунтоцемент используют также для покрытия дна водохранилищ и лагун.

Каменные и железобетонные крепления устраивают на щебеночной подготовке в виде обратного фильтра.

Откосные крепления часто применяют в комбинации с различными типами подводных упорных поясов.

Упорные пояса береговых укреплений должны удовлетворять условиям устойчивости и прочности против воздействия грунтовых (со стороны берега), волновых и ледовых нагрузок и требованиям грунтопроницаемости. На участках с проявлением оползневой активности проектируются дополнительные противооползневые мероприятия. Указанные сооружения применяются на приглубых берегах. Выбор их конструкции определяется инженерно-геологическими условиями берега.

Для защиты водохранилищных берегов используют такие конструкции упорных поясов:

подводный банкет из каменной наброски обжатого или распластанного профиля (при необходимости с обратным фильтром в основании);

массивы-гиганты в виде железобетонных оболочек (коробов), устраиваемых на каменной постели и заполняемых бетоном или обломочным материалом скальных пород, гравием или песком;

упорные пояса из одного или двух рядов шпунта из железобетонных свай таврового сечения, стальных свай «Ларсен» или ШК, омоноличенных поперху (при необходимости с анкеркой и сочленением элементов диагональными тяжами);

частотол из железобетонных свай прямоугольного сечения с застеночным дренажем;

подводные банкеты из мелкого гидротехнического камня (при отсутствии камня требуемой крупности) с облицовкой бетонными блоками.

Берегозащитные опояски применяют на берегах с активными оползнями и участках со стабильными основаниями. В зависимости от инженерно-геоло-

гических и гидрологических условий выбирают конструкцию сооружения и рассчитывают надежность его работы. В инженерной практике применяют следующие виды береговых опоясок (рис. VI.16.1):

гибкие конструкции из фасонных блоков на естественном деформирующемся основании и на каменной постели — при высоте волн до 4 м (проект должны быть предусмотрены величины осадок основания и сохранение заданных технологических свойств сооружения);

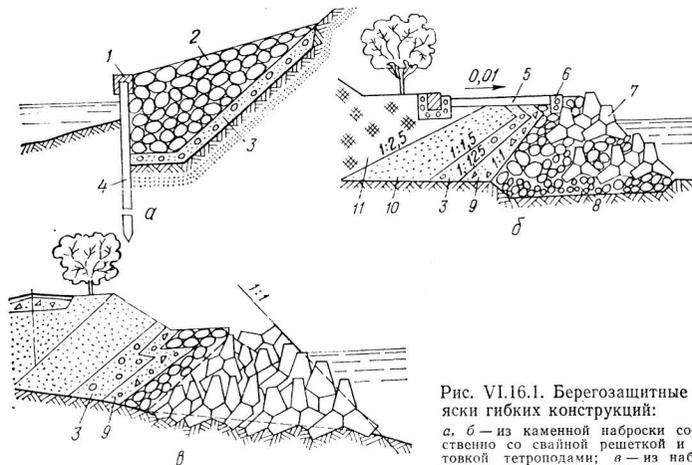


Рис. VI.16.1. Берегозащитные опояски гибких конструкций:

а, б — из каменной наброски соответственно со свайной решеткой и окантовкой тетраподами; в — из наброски тетраподов; 1 — железобетонный шапочный брус; 2 — камень ( $40 < d < 80$  см); 3 — песчано-гравийная смесь; 4 — железобетонная свая; 5 — асфальтовое покрытие толщиной 3 см по щебеночной подготовке слоем 15 см; 6 — бетонный фундамент размерами 40×40×70 см; 7 — тетрапод массой 7–8 т; 8 — камень ( $d = 20–30$  см); 9 — щебень крупностью 5–15 см; 10 — песок; 11 — местный грунт.

опояски из каменной наброски с окантовкой кромки свайной решеткой или свайным ряжем сквозной конструкции (головы свай омоноличиваются железобетонным шапочным брусом).

Волноотбойные стены — наиболее часто встречающийся в приморских городах вид берегоукрепительных сооружений. Это разнообразные конструкции подпорных сооружений вертикального типа, удерживающих береговую уступ и воспринимающих волновые нагрузки. Волноотбойные стены одновременно служат конструктивным элементом набережных городских улиц, приморских парков, железных и автомобильных дорог. Они применяются и в качестве парапетов террас берегозащитных сооружений. Этот тип укреплений также относится к береговым опояскам, наиболее соответствующим архитектурно-планировочным требованиям городской застройки.

Волноотбойные стены подразделяют: по виду использованных строительных материалов (на каменные, бетонные и железобетонные); по конструкции (на массивные и тонкостенные); по наружному очертанию (с вертикальными, наклонными, ступенчатыми и криволинейными гранями); по характеру производства работ (на монолитные и сборные).

Для повышения надежности работы волноотбойных стен перед ними устраивают полосу пляжа шириной не менее 5–8 *h*, где *h* — высота расчетной волны. Для «смягчения» волновых нагрузок лицевой грани стены придают плавное криволинейное очертание.

Достаточно эффективными берегоукрепительными сооружениями являются набережные полукотского типа, сочетающие в себе конструкции волноотбойных стен с широкими бермами и откосных сооружений ступенчатого типа (рис. VI.16.2).

Иногда стены набережных совмещают функции и противооползневых сооруже-

ний. В этом случае их возводят на искусственных основаниях из буронабивных свай, рассчитанных на восприятие оползневое давления.

Распространенным типом продольных сооружений, устраиваемых для защиты берегов от абразии, являются затопленные (подводные) волноломы. Наиболее часто применяют волноломы гравитационного типа с трапецидальным

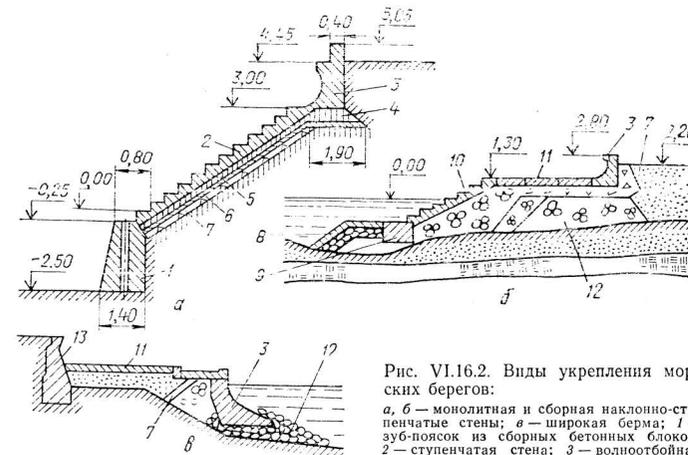


Рис. VI.16.2. Виды укрепления морских берегов:

а, б — монолитная и сборная наклонно-ступенчатые стены; в — широкая бера; 1 — зуб-поясок из сборных бетонных блоков; 2 — ступенчатая стена; 3 — волноотбойная стена; 4 — железобетонный фундамент; 5 — бетонная плита; 6 — подготовка из тощего бетона слоем 3 см; 7 — щебень; 8 — сборная плита; 9 — опорный массив; 10 — ступенчатый блок; 11 — плита покрытия; 12 — каменная наброска; 13 — подпорная стена.

железобетонная плита; 6 — подготовка из тощего бетона слоем 3 см; 7 — щебень; 8 — сборная плита; 9 — опорный массив; 10 — ступенчатый блок; 11 — плита покрытия; 12 — каменная наброска; 13 — подпорная стена.

поперечным сечением. Волноломы откосного типа могут быть сооружены из каменной наброски или песка при условии дополнительного крепления откосов и гребня бетоном, асфальтобетоном или железобетонными тюфяками. Чаще применяют волноломы сборных конструкций с пазами, через которые опускают сваи (железнодорожные рельсы или двутавровые балки), заглубляемые на 1,5 м в коренные породы. Волноломы сооружают также из массивов-гигантов в виде железобетонных оболочек, заполненных качественным грунтом. На некаменных грунтах необходимо устройство каменной постели или свайного основания.

Заслуживает внимания новая конструкция волнолома шатрового типа (рис. VI.16.3), устанавливаемая на спланированное основание. Каждый шатровый блок представляет собой сквозную железобетонную конструкцию без основания, две боковые грани которой соединены диафрагмой. Внутренние полости блоков заполняют бутовым камнем при помощи специальных корытообразных металлических контейнеров вместимостью до 10 м<sup>3</sup>. Экономический эффект от внедрения волнолома шатрового типа вместо обычного из массивных блоков достигает 550 р. на 1 м.

Волноломы обычно применяют в сочетании с траверсами (бунами), ограничивающими перемещение наносов вдоль берега. На приглубых галечных берегах волноломы располагают на расстоянии 30–50 м от линии уреза на глубине до 3–4 м, на отмытых песчаных берегах — на расстоянии до 100 м и более на глубине 2,0–3,5 м. Наиболее рациональная компоновка в плане — разомкнутая схема волноломов с устройством подводного порога.

Устройство волноломов, однако, сопряжено с нарушением свободного водообмена и биологического равновесия в отсекаемой ими акватории, с ухудшением санитарно-гигиенических условий. В связи с этим необходимы достаточные обоснования целесообразности их применения.

Буны — искусственные поперечные сооружения, обладающие высокой наносодерживающей способностью. Они служат эффективным средством для сохранения

и расширения существующих, а также создания искусственных пляжей. Буны обычно располагают по нормали к берегу. Эффективность работы этих сооружений зависит от правильного выбора их длины и расстояний между ними при условии, что их очертание в вертикальной плоскости будет полностью перекрывать профиль динамического равновесия проектируемого пляжа. Наносы в межбуновых пространствах, образующие защитную полосу пляжа, откладываются в соответствии с закономерностями заполнения входящих углов.

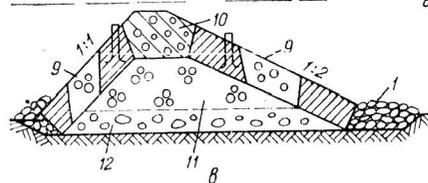
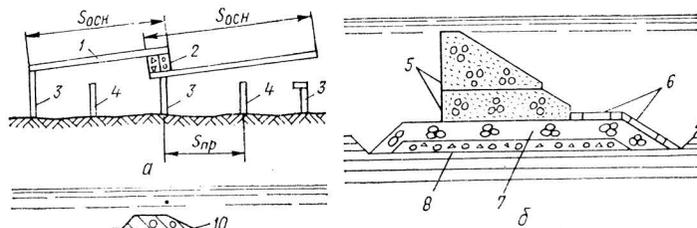


Рис. VI.16.3. Берегозащитные подводные волноломы:

а — компоновка системы волноломов в плане по разомкнутой схеме; б — конструкция с двумя ярусами бетонных массивов; в — конструкция из штарповых блоков; 1 — волнолом; 2 — подводный порог; 3 — основная траверса; 4 — промежуточная траверса; 5 — бетонный массив; 6 — целевая берменная плита; 7 — постель из камня; 8 — щебеночный контрфильтр; 9 — проем для засыпки камня; 10 — центральный проем, закрываемый после засыпки камня бетонным вкладышем; 11 — бутовый камень; 12 — постель, образуемая при постепенном оседании камня под волновым воздействием.

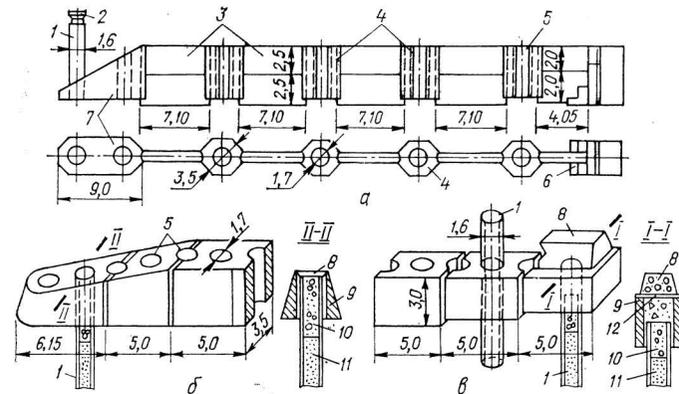


Рис. VI.16.4. Сборные конструкции бун на колоннах-оболочках:

а — из опорных бетонных блоков с тонкостенной железобетонной плитой; б, в — гравитационного типа из призматических бетонных блоков; 1 — колонна-оболочка; 2 — вибропрогрузатель; 3 — плита-экран; 4 — опорный блок; 5 — паз; 6 — корневая часть буны; 7 — головной блок; 8 — верхняя плита омоноличивания из бетона марки 300; 9 — тело массива; 10 — бетон марки 200; 11 — местный грунт; 12 — выравнивающая плита из монолитного бетона.

Наиболее распространенные конструкции бун — бетонные массивные и сборные из блоков различной формы, сплошные и сквозные типа свайных, шпунтовые, ячеистые, рябевые, из каменной наброски и асфальтобетонные. Вместо бетонных массивов могут быть применены пустотелые железобетонные блоки массой до 17 т, устанавливаемые последовательно один на другой, пустоты в которых заполняют камнем и бетоном.

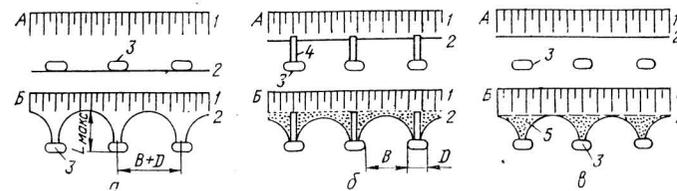


Рис. VI.16.5. Берегоукрепительные сооружения прерывистого типа: а — прерывистое крепление; б — бун-перейма; а — прерывистый волнолом; А — ровный берег (исходное положение); Б — искусственный бухтовый берег; 1 — бровка берега; 2 — линия уреза воды; 3 — блокирующий элемент; 4 — траверс; 5 — тело переймы.

Наиболее технологичными и экономичными являются конструкции бун на колоннах-оболочках: гравитационного типа из призматических бетонных блоков и из опорных бетонных блоков с тонкостенной железобетонной плитой (рис. VI.16.4).

Берегозащитные сооружения прерывистого типа используются для искусственного воссоздания бухтового берега путем укрепления отдельных его участков. Блокирующие элементы сооружения выполняют в виде банкетов наброски неотсортированного рваного или булыжного камня. В свободных промежутках между закрепленными участками под действием волн образуются абразионные или аккумулятивные бухты — в зависимости от расположения блокирующих элементов по отношению к линии уреза берега (рис. VI.16.5).

Сооружения прерывистого типа могут быть использованы не только в качестве берегозащитных, но и в качестве отторгающих сооружений в виде дамб фестонобразного очертания в плане (с бухтовыми гирляндами).

Природным аналогом каменнанабросных сооружений могут служить устойчивые формы естественных пляжей, сформировавшихся из продуктов разрушения скальных пород коренного берега. На этой основе разработан новый тип берегозащитных сооружений — банкеты из горной массы, которые сооружают отсыпая на урезе воды вдоль берега призмы из разнофракционного каменного материала (горной массы) определенного состава. Призма банкета размывается до тех пор, пока под действием волн не сформируется профиль вытянутой напорной грани (шлейфа) в виде отмости из нескольких слоев камней, соответствующей структуре обратного фильтра (рис. VI.16.6).

Особенность описанной конструкции заключается еще и в том, что деформации, недопустимые для берегозащитных сооружений традиционных типов, здесь являются

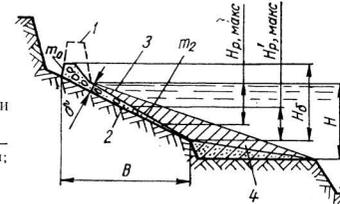


Рис. VI.16.6. Укрепление берега банкетом из горной массы:

1 — призма банкета; 2 — шлейф банкета; 3 — поверхность исходного откоса береговой отмели; 4 — призма размыва.

ся необходимым технологическим звеном в процессе стабилизации формы банкетов под действием волн. Это позволяет возводить сооружение из горной массы по частям — в соответствии с темпом деформации его профиля.

Искусственные пляжи, представляющие собой инженерные сооружения с неукрепленным откосом распластанного профиля,—аналоги широко распростра-

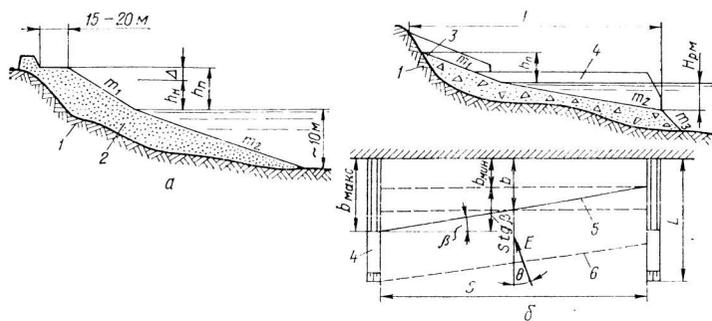


Рис. VI.16.7. Расчетные схемы искусственных пляжей (а — свободный песчаный пляж; б — гравийно-галечный пляж с удерживающими сооружениями):

1 — естественная поверхность берегового склона; 2 — тело искусственного пляжа; 3 — гребень буны; 4 — бунa; 5 — линия проектируемого уреза воды; 6 — подводная граница пляжа, соответствующая глубине массового размыва грунта  $H_{pm}$ ;  $E$  — равнодействующая преобладающего направления волнения;  $h_n$  — высота наката расчетной волны;  $\Delta = 0,5$  м (запас);  $h_n$  — высота надводной части пляжа;  $m_1$  и  $m_2$  — коэффициенты соответственно откоса цоколя и естественного откоса под водой;  $m_1$  и  $m_2$  — соответственно коэффициенты заложения надводной и подводной частей пляжа в состоянии динамического равновесия;  $m_1 \approx 2 m_2$ .

ненных в природе прислоненных аккумулятивных форм берега — естественных пляжей.

Для строительства искусственных пляжей используют материал различной крупности, доставляемый из подводных или горных карьеров. В зависимости от гранулометрического состава грунтов пляжи подразделяются на песчаные, гравийные, галечные и смешанные. По способу устройства различают свободные пляжи и пляжи с удерживающими сооружениями (рис. VI.16.7).

Важным этапом проектирования пляжей является определение оптимальных геометрических параметров пляжа и его элементов при расчетном волнении, обеспечивающих динамически устойчивое их состояние в пространстве и во времени. Основные критерии необходимости проведения берегоукрепительных мероприятий — несоответствие профиля берегового склона профилю динамического равновесия при расчетном волнении и отрицательный баланс наносов на осваиваемом участке берега.

Необходимость в строительстве пляжеудерживающих сооружений возникает в тех случаях, когда донные скорости вдольбереговых потоков превышают неразмывающие скорости для грунтов берегового склона. В этих условиях допускается устройство свободных пляжей после устранения главной причины абразии — дефицита песка во вдольбереговом потоке наносов — путем организации периодической подпитки пляжелевым материалом. При отсутствии такой возможности необходимо применять пляжеудерживающие сооружения (буны, волноломы с траверсами). Целесообразно предусматривать также укрепление берега банкетами из горной массы или сооружениями прерывистого типа.

Окончательный выбор типов берегозащитных сооружений осуществляется на основе сравнения их технико-экономических показателей с учетом инженерно-геологических и гидрологических условий побережья, его народнохозяйственной ценности.

## Раздел VII. ГОРОДСКИЕ ВОДОЕМЫ

### Глава 17. ВИДЫ ВОДНЫХ УСТРОЙСТВ В ГОРОДЕ

#### VII.17.1. РАЗМЕЩЕНИЕ ВОДОЕМОВ

При создании водных устройств в городе используют, прежде всего, существующие водоемы и водотоки, а при их отсутствии строят искусственные сооружения.

Для уменьшения возможности подтопления территорий водоемы следует устраивать в пониженных местах с отметками воды, которые не превышают отметок, выклинивающихся на склонах постоянных или временных горизонтов грунтовых вод. При проектировании водоемов на территориях с повышенными отметками необходимо предусматривать меры для защиты территорий от подтопления.

Распределение площади водного зеркала между различными видами водоемов зависит от гидрологических особенностей территории, ее геологического строения, рельефа. Наличие широкой реки или больших водных пространств близости от селитебной территории позволяет уменьшить число водных устройств, размещаемых в жилых районах. В районах с незначительными водными ресурсами проектируют необходимое количество локальных водных устройств, не требующих больших расходов воды (прудов-копаней, декоративных и плескательных бассейнов, фонтанов) в непосредственной близости к среде обитания.

Объемно-планировочные решения водоемов должны соответствовать застройке местности, ее рельефу, малым архитектурным формам.

Водоемы на улицах и площадях размещают в зонах максимальной концентрации пешеходов так, чтобы они не пересекались с транзитными пешеходными потоками: на разделительных зеленых полосах между красной линией и тротуаром (при ширине более 1,5 м); в отступах между красной линией и линией застройки (при их ширине более 1,5 м); на курдонерах, площадках у торцов жилых зданий, перед общественными зданиями и на площадках, входящих в композицию памятников.

Водоемы в парках и скверах размещают в местах, ландшафтные особенности которых наиболее соответствуют как условиям их создания, так и организации отдыха. Водоемы в парках и скверах играют роль композиционного центра, на основании которого решается его планировка.

Водоемы различных типов могут быть размещены на бульварах с зелеными полосами шириной 10—15 м и более. На узких бульварах возможно устройство ручьев, обогащающих их симметричную композицию. В дождливое время такие ручьи могут служить водостоком.

На внутриквартальных территориях сооружают водоемы различных типов в зависимости от природных условий и расположения водных устройств относительно функциональных зон: от небольших прудов и бассейнов, размещаемых в глубине территории, до плескательных и декоративных бассейнов и фонтанов в жилой зоне.

#### VII.17.2. САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К УСТРОЙСТВУ ВОДОЕМОВ

Источниками для заполнения водоемов служат малые реки и ручьи, а также поверхностный и подземный стоки с прилегающих водосборов.

Для предотвращения заиливания и зарастания малых рек с неравномерным расходом их преобразуют в открытые или закрытые каналы. Открытые каналы могут иметь ступенчатый поперечный профиль дна, что позволяет исключить широкое растекание воды при малых расходах и обеспечить при этом минимальные скорости течения (0,2 — 0,35 м/с).

При протекании реки, питающей пруд, по городской территории для предохранения водоема от загрязнения в меженный период расход водотока должен сбрасываться в обход сооружения по обводному коллектору.

В целях обеспечения чистоты воды запрещается сброс в пруды или питающие их водотоки загрязненных вод промышленных предприятий и организуется поверхностный сток.

В водоемах должен быть обеспечен водообмен созданием проточности или сменности воды. Периодический водообмен в летне-осенний период в крупнейших и

крупных городах осуществляется до пяти раз, в остальных населенных пунктах — два-четыре раза в зависимости от местных климатических условий.

При заполнении водоема поверхностным стоком должны быть приняты специальные меры против загрязнения его мусором в период ливней. С этой целью вдоль водоема сооружают специальные обводные коллекторы, куда попадает вода из лотков через дождеприемные колодцы. Наиболее загрязненные воды по обводному коллектору сбрасываются в дождевую канализацию, а менее загрязненные или чистые по специальному выпуску поступают в водоем.

Для водообмена непроточных прудов организуется периодический сброс части объема воды и его восполнение из водопровода.

При расчете объема пруда следует учитывать потери на испарение и фильтрацию. Размеры потерь воды и на испарение определяются по данным гидрометеослужбы. Потери воды на фильтрацию составляют, % в год: при хороших гидрогеологических условиях (водопроницаемые породы, высокие уровни грунтовых вод на склонах) — от 5 до 10, при средних — 10—20 и плохих — 20—40.

Нормальный подпорный горизонт пруда определяется как условиями его композиции, так и условиями неподтопляемости прилегающей территории. Глубина воды в летне-осеннее время должна быть не менее 1,5 м (кроме прибрежной зоны).

Очистка водоемов производится посредством выпуска воды и без выпуска. В первом случае ил счищается землеройными машинами с осушенного дна водоема, во второй — скреперными и грейферными установками. Большие водоемы очищают землесосными снарядами.

### VII.17.3. АРХИТЕКТУРНО-ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ РЕШЕНИЯ И БЛАГОУСТРОЙСТВО ВОДОЕМОВ

Композиция водоема создается тремя основными объемно-пространственными элементами:

архитектурными формами сооружения и элементами благоустройства участка; зелеными насаждениями, включая как растения, составляющие окружение водоема, так и водные растения;

водой, приобретающей различные декоративные качества при различных архитектурных решениях.

Архитектурные формы подразделяют на искусственно созданные формы, отличающиеся геометричностью построения, в соответствии с характером сооружений города (бассейны, фонтаны, декоративные мозаичные панно и др.) и формы, воссоздающие природные. При размещении водоемов в общественных центрах городов на площадях целесообразно устраивать водоемы с геометрически правильными очертаниями, сочетающиеся с окружающей застройкой и членением площадей (рис. VII.17.1).

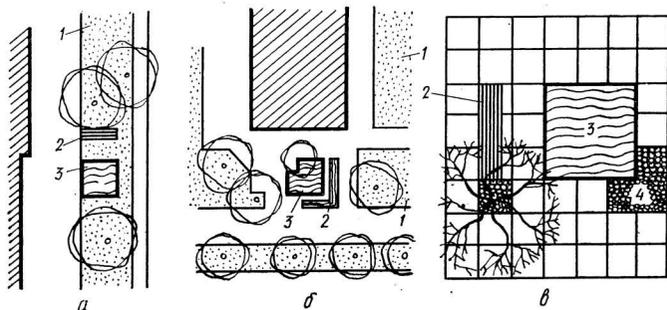


Рис. VII.17.1. Водоемы геометрически правильной конфигурации:  
а — на зеленой полосе между проезжей частью и тротуаром; б — у торца здания; в — модульный водоем на площадке с покрытием из квартальных плит; 1 — газон; 2 — скамья; 3 — водоем; 4 — декоративная вставка.

При размещении водных сооружений в парках, скверах, на бульварах или на внутриквартальной территории целесообразно применять ландшафтно-проектированиe, подчеркивающее особенности рельефа, фактуру естественных материалов, декоративные качества древесно-кустарниковых насаждений, газонов и т. д. (рис. VII.17.2).

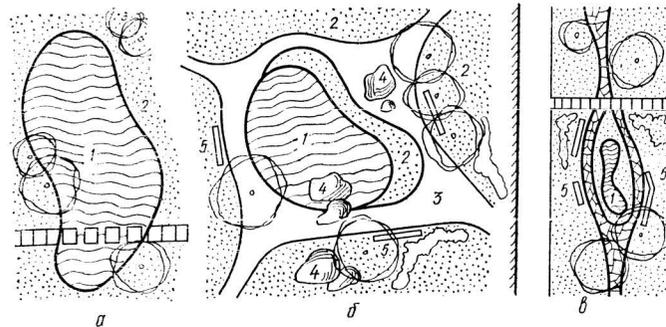


Рис. VII.17.2. Водоемы свободного очертания:  
а, б — на парковой территории; в — на бульваре; 1 — водоем; 2 — газон; 3 — гравийное покрытие; 4 — валуны; 5 — скамья.

Большую роль в архитектурно-пространственных решениях водоемов играют декоративные качества воды. При спокойной воде существенное значение имеют окружение водоема (деревья, их породный состав, композиция, сочетание форм и цвета сооружений и деталей) и декоративная отделка дна.

Эффект движущейся воды при наличии постоянного ее источника используют устраивая каскады, водосливы, водопады или ручьи, что значительно обогащает восприятие окружающего ландшафта (рис. VII.17.3).

Декоративность водоемов можно усилить с помощью выращиваемых в них водных растений. В небольших водоемах со стоячей или медленно текущей водой сцену эффектно растения, полностью растущие под водой (роголистник, элодея, турча, телорез и др.). Водоем можно украсить и растениями, листья и цветы которых плавают на поверхности (кубышка желтая, ужокник кувшиновидный, лютик водяной и др.). Для большинства водных растений достаточно глубина 0,3—0,5 м. Их можно выращивать непосредственно в грунте дна, а при его отсутствии (например, в бассейнах) — в сетчатых емкостях, выполненных из нержавеющей проволоки или пластика, в которых периодически производят расчистку разросшихся растений или их замену.

У берегов водоемов на границе мокрой и сухой зон целесообразно высаживать группы и массивы мелководных низкорослых растений (частухи подорожниковой, чистяка лютичного, калужницы болотной, белокрыльника, незабудки болотной и др.), а также одиночные и групповые высокорослые растения (аир, осоку стройную, рогоз узколистный).

В вечернее время водоемы можно подсвечивать. В зависимости от цели подсвет-

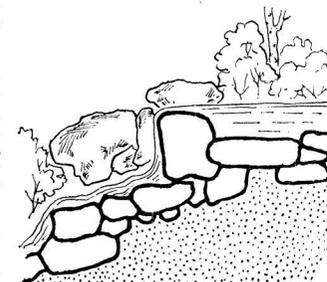


Рис. VII.17.3. Ручей с каскадом.

Размеры водоемов, расположенных внутри селитебных образований, должны соответствовать размерам окружающих их открытых пространств: непропорционально большой водоем вызывает ощущение стесненности окружающего пространства, но слишком малый теряется среди других элементов благоустройства. Размеры водоема не должны превышать 1/5—1/6 размеров окружающего его пространства.

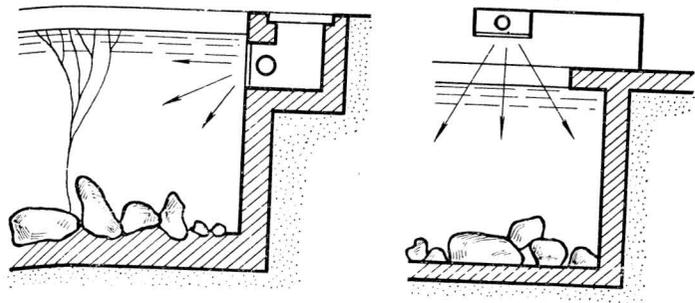


Рис. VII.17.4. Подсветка водных растений и дна водоема.

## Глава 18. ИСКУССТВЕННЫЕ ПРУДЫ, БАССЕЙНЫ И ФОНТАНЫ

### VII.18.1. ИНЖЕНЕРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ГОРОДСКИХ ПРУДОВ

Основные сооружения на городских прудах — низконапорные плотины, водоспуски и водосбросы. Плотины могут быть деревянными, земляными, каменно-земляными, бетонными или железобетонными. По принципу пропуска воды различают глухие плотины и с отверстиями в теле (водоспуск, водосброс). В городских условиях широко применяют земляные плотины с шахтным водосбросом, совмещенным с донным водовыпуском (рис. VII.18.1).

Основные требования к конструкциям и сооружению плотин аналогичны требованиям к устройству дамб (см. раздел IV).

Шахтный водосброс состоит из шахтного приемника и железобетонной трубы, расположенной в теле земляной плотины. Для опорожнения пруда в шахтном колоде имеется отверстие, закрываемое деревянными шандорами или задвижкой. Для предотвращения фильтрации вдоль трубы забивают шпунтовый ряд на сты-

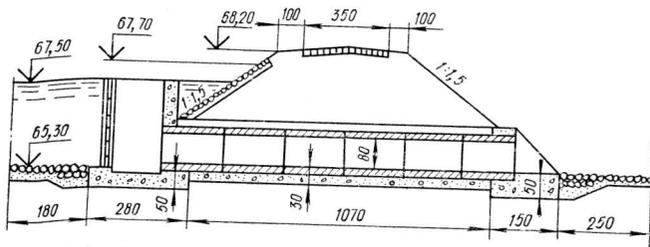


Рис. VII.18.1. Плотина с шахтным водосбросом, совмещенным с донным водовыпуском.

ке фундаментов шахты и трубы, укладывают слой глины толщиной от 15 до 50 см вокруг трубы и над ней через каждые 3—4 м устраивают кольцевые выступы. Ниже трубы укладывают риберму из каменной отмостки на слое щебня, а при скоростях течения более 3—4 м/с сооружают водобойные колодцы или стены.

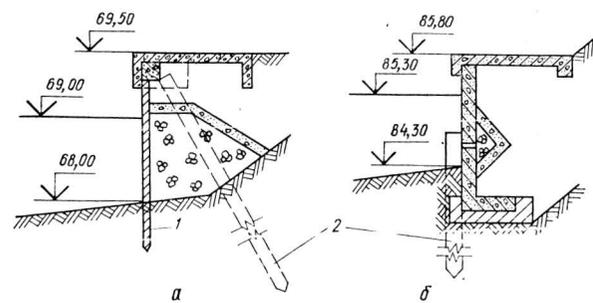


Рис. VII.18.2. Крепление берега пруда: свайным рядом с шпунтовой (а) и железобетонной (б) стенами: 1 — шпунт; 2 — свая.

Способы крепления берегов пруда зависят от использования водоема. К наиболее распространенным из них относятся:

- устройство травяного покрова берегов, посадка деревьев и кустарников;
- устройство каменной наброски по откосу берега;
- мошение берегов булыжником или камнем;
- крепление откосов и берегов сборными или монолитными бетонными и железобетонными плитами;
- сооружение стены из шпунта с забивными наклонными сваями или вертикальной (наклонной) стены из сборных железобетонных или монолитных элементов (рис. VII.18.2).

### VII.18.2. ДЕКОРАТИВНЫЕ И ДЕТСКИЕ ПЛЕСКАТЕЛЬНЫЕ БАССЕЙНЫ В МИКРОРАЙОНАХ

Декоративные и детские плескательные бассейны — эффективное средство создания благоустроенной среды в микрорайонах. Декоративные бассейны строят в общественно-торговых центрах или на площадках отдыха в жилой зоне, плескательные — на детских игровых площадках.

Очертание декоративных бассейнов в плане зависит от планировочного решения места его расположения. При регулярной планировке площадки с покрытием прямоугольными плитами конфигурация бассейна также может иметь геометрически правильное очертание. Бассейны на площадках в придомовых садах, проектируемых, как правило, приемами ландшафтной планировки, имеют обычно свободное очертание, из ломаных линий или криволинейное.

Борт декоративного бассейна, если он не используется для сидения, устраивают на уровне земли или слегка приподнимают на 10—20 см. Ландшафтный характер бассейна будет особенно подчеркнут, если на его бортах, в воде у борта, на площадке у бассейна уложены крупные камни из естественного необработанного материала. В пределах водного зеркала могут быть созданы небольшие острова в виде крупного камня или каменной насыпи. На более крупных островах высаживают деревья и кустарники. Участок, примыкающий к бассейну, засевают травой или засыпают гравием различного цвета, щебнем или покрывают бетонными плитками разной формы и фактуры поверхности.

Декоративные бассейны могут быть размещены поперек одного из направлений пешеходного движения. В этом случае через его акваторию должен быть построен переход, соединяющий прерванные бассейном концы пешеходной дорожки. Конст-

руктивно он может быть выполнен в виде легкого пешеходного мостика из сборных элементов или установленных на дно бетонных массивов квадратного или круглого очертания в плане высотой на 10—20 см выше глубины водоема. Ширину промежутков определяют в соответствии с размерами массивов и модулем шага человека. При выборе очертания бассейна учитывают и направление пересекающего его пешеходного пути.

Плескательные бассейны размещают дифференцированно в зависимости от возрастных групп детей. Бассейны для детей до 7 лет в сочетании с песочницами располагают поблизости к окнам жилых домов на детских игровых площадках. Бассейны для детей школьного возраста целесообразно размещать в глубине придомового сада, а если это невозможно, их изолируют от жилых домов плотной посадкой деревьев и кустарников. Вокруг плескательного бассейна может быть устроен небольшой искусственный пляж из песка.

Глубина воды в бассейнах зависит от возраста детей: для малышей — от 10—15 до 30 см, для детей старших возрастных групп — до 1,2—1,5 м.

Дну бассейнов придают уклон не более 0,05, обеспечивающий плавность нарастания глубины и возможность их полного опорожнения. В бассейнах могут быть применены простейшие сооружения для развлечения: островки, водные тумбы, горки, лесенки и др. Важно, чтобы и на площадках возле бассейнов был достаточно широкий набор оборудования для «неводных» игр детей.

В зимнее время детские бассейны могут использоваться для устройства катков. Во избежание разрушения конструкций бассейна при промерзании и пучении водонасыщенных грунтов в период строительства сооружения под дном и стенами необходимо укладывать дренирующие слои из щебня, гравия, крупнозернистого песка и предусматривать отвод дренирующей воды в водосток или канализацию.

Бассейны наполняют водой от водопроводной сети. Вводную трубу устанавливают на уровне воды. Во избежание перелива устанавливают также переливную трубу.

Для поддержания надлежащего санитарного состояния воды из бассейна периодически сливают полностью. В жаркое время ее следует менять два-три раза в день путем полного опорожнения или создавать проточность с постоянной подачей небольшого расхода.

Для уменьшения загрязнения воды в бассейне вокруг него или в месте схода в воду может быть устроена ванна для мытья ног, представляющая собой заполненный 8—10-см слоем воды лоток шириной 30—40 см. Вода из лотка сбрасывается в дождевую или канализационную сеть.

Помимо плескательных бассейнов на территории микрорайонов при наличии, например, малых водотоков могут быть сооружены каналы для корабликов, каскады и пр. При постоянном водообмене между плескательными бассейнами, лежащими в разных уровнях, строят канал с проточной водой, в котором могут быть уложены пороги, водопады или плотины.

### VII.18.3. ФОНТАНЫ

Фонтаны в виде декоративно оформленных родников с падающей в чашу струей (рис. VII.18.3, а) строят на площадях и улицах небольших городов, в местах массового отдыха населения. Изливающаяся из родника вода при ее удовлетворительном качестве может использоваться для питья.

Фонтаны в виде одной или нескольких мощных струй, бьющих вертикально и падающих на поверхность водоема, сооружают при относительно больших размерах его водного зеркала. При большой глубине водоема возможна установка плавающих насосов с электропитанием через подводный кабель. Если акватория вытянута и имеет правильные формы (типа канала), можно построить ряд фонтанов с одиночными струями равной высоты, удаленными друг от друга на одинаковое расстояние (рис. VII.18.3, б).

Фонтаны со сложной композицией многочисленных тонких струй, бьющих из насадок в различных направлениях и формирующих прозрачные объемы грушевидной, шаровой или колоколообразной формы (рис. VII.18.3, в), обычно устанавливают на площадях в центре города перед крупными общественными зданиями или в пешеходных зонах.

Фонтаны в виде одной или нескольких чаш, принимающих падающую вниз сплошной пеленой либо в виде отдельных струек воду (рис. VII.18.3, г), можно размещать в парках, скверах, садах или на городских площадях.

Каскады, представляющие собой многоступенчатые переливы воды из расположенных в разных уровнях бассейнов или чаш (рис. VII.18.3, д), могут быть установлены на площадях, устроенных в виде террас (в промежутках между параллельно расположенными лестничными сходами), а также в парках со сложным рельефом.

Фонтаны-капельницы в виде чаш, укрепленных одна над другой на вертикальной стене и наполненных до краев водой (рис. VII.18.3, е), целесообразно устанавливать в зонах тихого отдыха, не допускающих большого скопления людей.

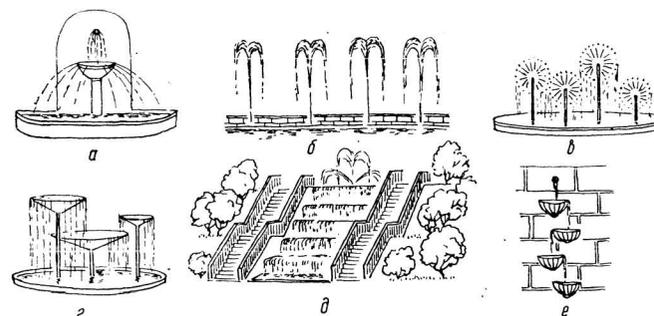


Рис. VII.18.3. Типы фонтанов.

Падение капель воды в верхние чаши таких фонтанов создает последовательный перелив и падение капель воды в расположенные в разных уровнях нижние чаши.

Кроме описанных выше типов фонтанов, в городском строительстве используют также их различные композиции.

Вода, подаваемая к фонтанам, должна быть чистой, не иметь вредных химических примесей и заметной окраски.

Водоснабжение фонтанов осуществляется с рециркуляцией воды или без нее. В последнем случае должны быть обеспечены источник воды, не используемой для водоснабжения, и перепад отметок, создающий напор для образования струй или падения воды по каскаду.

Формирование струй в фонтанах достигается применением специальных насадок из латуни или бронзы с тщательно отшлифованными внутренними поверхностями. Различают насадки для формирования одиночной (сплошной и полой в сечении) струи или нескольких струй, вращающиеся насадки, работающие по принципу сегнера колеса, шарнирные, позволяющие изменять наклон струй, распыляющие и др.

Гидравлические расчеты при проектировании фонтанов состоят в определении расходов воды, форм траектории струй и требуемых напоров у насадок для подбора соответствующих насосов.

Высота вертикальной раздробленной струи  $S_v$  может быть определена по формулам

$$S_v = \frac{H}{1 + \varphi H} ; \varphi = \frac{0,25}{d + (0,1d)^3}$$

где  $H$  — напор у насадки, м;  $\varphi$  — коэффициент, зависящий от диаметра насадки (приведенная формула справедлива для насадок диаметром до 30 мм);  $d$  — диаметр насадки, мм.

Расход воды через насадку, м<sup>3</sup>/с, при образовании раздробленной вертикальной струи определяют по формуле

$$Q = \mu \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2gH}$$

где  $\mu$  — коэффициент расхода, зависящий от формы насадки (табл. VII.18.1).

Расход воды в каскадах и фонтанах-чаях с ниспадающей в виде колпака водой определяется по формуле для незатопленного водослива с широким порогом без учета скорости подхода:

$$Q = mb \sqrt{2gh}^{3/2},$$

где  $m$  — коэффициент расхода, равный 0,335;  $b$  — ширина водослива, м;  $h$  — толщина слоя воды над порогом водослива (бортом чаши), м, составляющая от 0,002 до 0,02 м.

#### VII.18.1. Значение коэффициента истечения $\mu$ для различных отверстий и насадок

Тип отверстия или насадки	Коэффициент $\mu$	Примечание
Отверстие в тонкой стене (круглое или квадратное) Отверстие Понселе	0,62	Для напоров больше 2 м значение коэффициента уменьшается до 0,60—0,61 При диаметре ( $d$ ) более 30 мм и напоре более 0,6 м $\mu=0,6$ . При меньших диаметрах и напорах: $d=10$ мм... $\mu=0,64$ $d=20$ мм... $\mu=0,63$ $d=30$ мм... $\mu=0,62$
	0,60—0,64	
Отверстие в тонком дне	0,64	—
Насадки:		
квадратная	0,82—0,84	—
треугольная	0,79—0,80	Для напоров до 1 м
Вентури длинная	0,82	Для напоров более 1 м $l=3d...4d$ ( $l$ — длина насадки)
Вентури короткая	0,61	$l < 2d$
Борда с выступающим внутрь резервуара конком	0,71	$l \geq 3d$
коническая сходящаяся	0,920; 0,945;	$\alpha=5; 13; 45^\circ$
формы сжатой струи	0,857	( $\alpha$ — угол сужения)
Спринклерная головка	0,97	—
Пожарная насадка	0,7—0,75	—
	0,98—1,0	—

Для фонтана с круглой чашей диаметром  $D$  расход воды может быть найден по формуле

$$Q = 4,67DH^{3/2}.$$

Фонтаны, снабжаемые водой по принципу оборотной системы, подпитывают водой из городского водопровода для компенсации потерь от разбрызгивания, уноса ветром, испарения и фильтрации. Для этого в скрытой нише борта фонтана устанавливают шаровой кран или специальную насадку, обеспечивающую постоянный небольшой расход, который отрегулирован на поддержание постоянного уровня.

Выпуск воды в водосток осуществляется при полном опорожнении фонтана в конце сезона или при его чистке. Небольшие поступления воды в водосток в процессе эксплуатации фонтана возможны и при недостаточном регулировании подпитывающей насадки (практически они могут быть сведены к минимуму). Для обеспечения выпуска воды дно фонтана устраивают с уклоном к пониженной точке места, откуда производится выпуск.

Перекачивающий насос устанавливают в специальном колодце у фонтана или в подвале ближайшего здания. В качестве аккумуляющей емкости используют либо чашу фонтана, либо специальный резервуар, смонтированный рядом с насосом.

#### VII.18.4. ПРОТИВОМАЛЯРИЙНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Решение инженерных задач, связанных с подготовкой территории к застройке, не исключает необходимости учета санитарно-гигиенических требований, особенно при освоении участков, где имеются очаги малярии или они могут возникнуть. Таки-

ми очагами обычно служат болота с застойной водой, заросшие и заиленные водоемы, реки и каналы с малой скоростью течения воды и пологими берегами, непроточные пруды. Для ликвидации очагов малярии проводятся инженерно-мелиоративные мероприятия.

Наличие, численность и распространение очагов малярии составляют малярийную характеристику территории. При проектировании инженерной подготовки застраиваемой территории составляют карты анофелогенных\* территорий и водоемов в радиусе до 5 км с характеристикой каждого очага.

Комплекс противомаларийных мероприятий включает: вертикальную планировку и организацию поверхностного стока; осушение заболоченных территорий и понижение уровня грунтовых вод; заключение мелких водотоков в трубы; ликвидацию (засыпку) водоемов, не используемых в градостроительных целях; регулирование водотоков; благоустройство берегов рек и водоемов.

### Глава 19. ПЛЯЖИ

#### VII.19.1. ВИДЫ ПЛЯЖЕЙ, ИХ ОРГАНИЗАЦИЯ

Городские пляжи — один из универсальных источников рекреации. Кроме того, пляжи в ряде случаев служат защитой от волновой абразии берегов.

При проектировании и организации пляжей следует учитывать динамику береговой зоны, режим уровней рек и водоемов, гигиенические качества воды, характер и размеры зеленых массивов, горных ландшафтов и т. д.

В зависимости от динамики береговой зоны выделяют пляжи абразионные и аккумулятивные, в зависимости от происхождения — естественные и искусственные. Пляжи различают по виду акватории: речные, озерные и морские. По составу пляжевого материала их подразделяют на песчаные, галечниковые, песчано-ракушечные.

По функциональному назначению пляжи разделяют на общегородские, размещаемые в пределах городской черты, лечебные (пляжи санаториев, домов отдыха, оборудованные помещениями для проведения лечебных процедур) и общекурортные (пляжи пансионатов, туристских баз, имеющие сокращенную нормативную конструкцию сооружений и оборудования).

В генпланах городских пляжей размечают следующие основные зоны: акваторию пляжа шириной около 50 м, где в пределах мелководной части (на глубине до 1,5 м) выделяют детский сектор глубиной не более 0,5—0,7 м с игровыми устройствами: плотами, съездными горками (тобоганами) и т. д.;

пляжную полосу, на которой размещают легкоубираемые переносные индивидуальные элементы: лежаки, шезлонги, зонты;

припляжную территорию шириной от 8 до 50—60 м, которая состоит из таких основных подзон: транспортных и пешеходных путей, участков предприятий обслуживания, участков отдыха, спортивных площадок, зеленых насаждений. Состав припляжной зоны и ее планировочные формы определяют в каждом случае конкретно. Транспортные и пешеходные пути включают набережную дорогу, подводящие к ней аллеи и тропы, а также подъездные дороги к обслуживающим предприятиям, которые по возможности следует отделять от пешеходных маршрутов. Целесообразно создавать развитые блоки обслуживания ленточного или компактного типа: кафе, гардеробы, пункты проката, отделения связи, раздевалки, душевые и т. д.

Участки отдыха должны включать как площадки со скамьями на берегу, так и специальные площадки (солярии, аэрации), являющиеся дополнением к пляжной полосе.

В ряде случаев припляжная зона может быть частью парковой охоты. При озеленении пляжного комплекса необходимо учитывать его общую архитектурно-планировочную структуру и местные природно-климатические условия.

В процессе организации пляжного комплекса особое внимание следует уделять не только инженерно-планировочным вопросам, но и общей композиции, уровню благоустройства, удобству эксплуатации.

\* От названия рода комара анофелес — возбудителя малярии.

### VII.19.2. ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ПЛЯЖЕЙ

Основная задача инженерной подготовки территории городских пляжей — защита пляжевого материала (песка, гальки) от размывающего действия течений. Выбор мероприятий по инженерной защите, а также их объем зависят от гидрологических и морфологических характеристик берегового склона.

Условие устойчивости пляжей описывается выражением

$$v < v_{тр},$$

где  $v$  — скорость течения, м/с;  $v_{тр}$  — скорость трогания пляжевого материала, м/с.

Скорость трогания песка составляет 0,2—0,5, гальки — 0,8—1,5 м/с.

На реках с участками, где скорости течения меньше транспортирующих скоростей наносов (выпуклые берега, побочки, косы и др.), инженерная защита пляжей входит в общий комплекс мероприятий по регулированию русел рек. Для защиты пляжей от размыва во время паводков, а также для наращивания или создания новых проектируют строенаправляющие дамбы, полузапруды, дамбы, шпоры и т. д.

На реках, русла которых сложены глинистыми и суглинистыми грунтами, организуют искусственные пляжи, применяя отсыпку песчаных или галечниковых грунтов. После расчистки и углубления берега таким способом производится отсыпка пляжевого материала слоем толщиной 0,5—1,0 м. Скорость течения воды в районе пляжа не должна превышать 0,5—1,0 м/с. Уклон дна пляжной полосы рекомендуется принимать 2—3‰.

Для защиты пляжа от размыва в ряде случаев устраивают пляжеудерживающие сооружения типа шпор.

При организации искусственных пляжей на морях и крупных водохранилищах, где размыв коренных пород происходит в результате волновой абразии, проектируют инженерные мероприятия в комплексе с берегозащитными и — на оползнеопасных участках — противооползевыми мероприятиями.

## Раздел VIII. РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

### Глава 20. ТЕРРИТОРИИ, НАРУШЕННЫЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ЧЕЛОВЕКА

#### VIII.20.1. СПОСОБЫ ОСВОЕНИЯ НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

В градостроительстве нарушенные территории после комплекса восстановительных работ используются для создания: зон зеленых насаждений общего и ограниченного пользования, специального назначения; промышленных зон и зон внешнего транспорта; жилых районов и микрорайонов; зон водных регулирующих устройств, рыбо- и сельскохозяйственных; водоснабжения; коммунально-складских зон.

Функциональное использование нарушенных территорий определяется не только планировочной и пространственной организацией отдельных населенных мест, но и размерами, конфигурацией и системой внутренних и внешних взаимосвязей их агломераций. В районах горных разработок в связи с этим выделяют три типа расселения:

I — **рассредоточенный** (небольшие населенные пункты при разрабатываемых месторождениях полезных ископаемых с относительно автономными системами культурно-бытового и рекреационного обслуживания);

II — **централизованный** (крупный населенный пункт с хорошо развитыми транспортными коммуникациями к местам приложения труда);

III — **групповой** (четко выраженная система населенных пунктов с высокой степенью общности культурно-бытового и рекреационного обслуживания).

Использование нарушенных территорий при I типе расселения зависит, главным образом, от местоположения нарушенных участков в плане каждого населенного пункта и его функциональных потребностей, при II типе, кроме того, — от местоположения нарушенных участков в зоне влияния населенного пункта, а также степени развития инженерно-транспортных коммуникаций.

Использование нарушенных территорий при III типе расселения определяется условиями функционирования системы населенных пунктов (местоположением участков и уровнем развития инфраструктуры расселения).

При освоении нарушенных территорий в пределах населенного пункта следует учитывать его планировочную структуру;

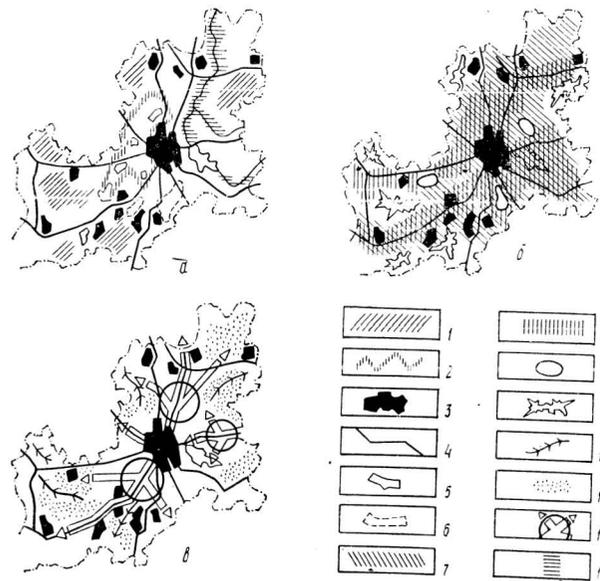


Рис. VIII.20.1. Использование методов оценки восстанавливаемых территорий в градостроительстве:

а — по природным факторам; б — визуально-эстетический; в — структурно-пространственный; 1 — рельеф с уклоном более 8%; 2 — граница распространения пыли, газов; 3 — территория населенных мест; 4 — транспортные и инженерные коммуникации; 5 — территория открытой добычи полезных ископаемых; 6 — подземная территория; 7 — территория, обозреваемая с близкого расстояния; 8 — территория, обозреваемая с дальнего расстояния; 9 — особо ценный ландшафт; 10 — территория, обозреваемая с дальнего расстояния; 11 — пространственный «бассейн»; 12 — пространственный «бассейн»; 13 — пространственные оси и узлы; 14 — отопляемая территория.

доступность центров трудового, культурно-бытового и рекреационного тяготения;

планировку и развитие транспортных и инженерных коммуникаций; визуальное восприятие нарушенных участков в городской среде (композиционное единство городской и природной сред).

Кроме перечисленных выше градостроительных факторов, необходимо учитывать также размеры нарушений поверхности, физические и биологические свойства грунтов; возможность применения той или иной технологии восстановления территории.

Формирование, функционирование и развитие восстановленных территорий в пределах как города, так и системы расселения, определяются природными условиями среды, оцениваемыми методами, которые можно объединить в три группы: природно-ландшафтные, эстетически-визуальные и структурно-пространственные.

С помощью методов первой группы устанавливают степень контрастности естественно-природных и антропогенных территориальных комплексов-ландшафтов, методами второй группы определяют условия восприятия и обзора отдельных участков. Структурно-пространственные методы позволяют оценить степень прерывности пространства, характер и порядок сочетания его относительно самостоятельных элементов: линейных, узловых, зональных (рис. VIII.20.1).

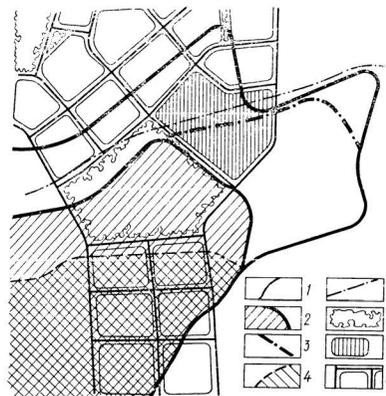


Рис. VIII.20.2. Зонирование подрабатываемой территории:

1 — граница залежи полезного ископаемого; 2 — выработанное пространство; 3 — граница перспективной выработки; 4 — зона, где закончилась просадки земной поверхности; 5 — граница прогнозируемых просадок; 6 — зеленые насаждения; 7 — зона культурно-бытовых учреждений; 8 — жилые микрорайоны.

В целях снижения затрат на восстановление нарушенных территорий и рационального использования природных ресурсов производится функциональное зонирование территорий добычи полезных ископаемых, учитывая при этом: планировочную структуру и функциональные потребности населенных мест; необходимость сохранности продуктивности территории и уникальных природных комплексов, а также улучшения санитарно-гигиенических условий (рис. VIII.20.2).

Способы восстановления нарушенных территорий и их градостроительное использование проектируют на основании данных исследований:

#### Группы грунтов по кислотности (рН)

Сильнокислые	3—4
Кислые	Свыше 4 до 5,5
Слабокислые	» 5,5 до 6,5
Нейтральные	» 7,0
Щелочные	» 7 до 8
Сильнощелочные	» 8 до 9

Примечание. Наилучшими биологическими свойствами обладают породы с нейтральной, слабокислой и слабощелочной реакцией.

способов добычи полезных ископаемых, типа производства (открытые и подземные горные работы, обогащение полезных ископаемых, переработка минерального сырья, отходы теплоэлектростанций и металлургических предприятий); форм нарушений (выемка, карьер, просадочная воронка, отвал, насыпь, провал); размеров нарушений (морфометрия, амплитуда антропогенных форм рельефа, площадь, занятая нарушенными участками); инженерно-геологических параметров территории (тип, кислотность и засоленность грунтов, режим и источники питания грунтовых вод, устойчивость антропогенных и природных форм рельефа); биологических свойств грунтов территории (табл. VIII.20.1, VIII.20.2); типов расселения района с нарушенными территориями (рассредоточенный, централизованный, групповой); функциональных потребностей городов и др. населенных мест в системе расселения;

развития транспортной и инженерной инфраструктуры системы расселения, отдельных городов и населенных мест; технико-экономических средств для восстановления территорий; различают такие направления рекультивации нарушенных территорий: сельско- и лесохозяйственные (создание сельскохозяйственных угодий, выращивание лесных насаждений различных типов);

#### VIII.20.1. Показатели засоленности грунтов

Группы растений по солеустойчивости	Глубина, см	Содержание* в грунтах, мг на 100 г грунта			
		HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	Щелочи
Особо солеустойчивые	0—15	3,4—4,5	0,3—1,0—2,5	0,5	3,0—4,0—3,0
	Свыше 15 до 30	3,0—4,0—5,0	0,8—0,9—1,4	1,0—0,5—0,3	3,0—3,5—4,0
Слабосолеустойчивые	0—15	3,0—5,0—4,0	0,3—0,5—0,4	2,0—1,0	6,0—7,0—6,0
	Свыше 15 до 30	1,7—2,0—3,6	0,6—0,5—1,2	1,0—0,1—0,8	3,0—1,2—4,0
	30—40	3,4—1,9—3,7	1,3—0,3—2,4	0,7	3,0—1,0—4,8
	40—60	3,0—2,5—2,8	0,6—2,0	1,0—0,3—0,7	2,4—5,0

\* Первая, вторая и третья цифры в каждой строке графы — показатели соответственно для весны, лета и осени.

рыбо- и водохозяйственное (сооружение в понижениях антропогенного рельефа рыбоводческих и др. водоемов); рекреационное (строительство объектов отдыха); строительное (инженерная подготовка территорий для промышленного и гражданского строительства);

санитарно-гигиеническое (биологическая или техническая консервация нарушенных территорий, оказывающих отрицательное воздействие на окружающую среду, использование которых в народном хозяйстве экономически нецелесообразно).

В процессе восстановления нарушенных территорий выделяют два этапа рекультивации:

технический (планировка, формирование откосов, снятие, транспортировка и нанесение почв и плодородных грунтов на рекультивируемые земли, строительство дорог, гидротехнических, мелиоративных сооружений и др.);

биологический (комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий, направленных на возобновление флоры и фауны).

#### VIII. 20.2. Обеспеченность грунтов питательными веществами

Степень обеспеченности	Содержание, мг на 100 г грунта		
	азота	фосфора	калия
Высокая	6	4	20
Средняя	4—6	2—4	10—20
Низкая	4	2	10

#### VIII.20.2. ПОДРАБАТЫВАЕМЫЕ ТЕРРИТОРИИ

На подрабатываемых территориях — землях, расположенных над подземными горными выработками или вблизи них, — возможны просадки и смещения земной поверхности.

Территории подземных горных выработок могут иметь вогнутые (отрицательные) формы рельефа, образовавшиеся в результате проседания земной поверхности, или выпуклые (положительные), образовавшиеся в результате отвалов шахтной породы.

Просадка земной поверхности (вертикальное смещение при заборе полезного ископаемого из нижележащих горных пород) сопровождается ее горизонтальными смещениями, приводящими к наиболее разрушительным последствиям на территории городов.

Величина и характер вертикального смещения поверхности определяются: мощностью пласта полезного ископаемого; параметрами выемочного пространства; углом смещения горных пород; степенью заполнения выработки пустой породой после завершения добычи; геологической структурой перекрывающих пород; скоростью выемки и способами производства работ.

Величина максимального вертикального смещения поверхности зависит от состава пород, расположенных выше разрабатываемого пласта, и составляет от 0,1 до 0,9  $H$  ( $H$  — мощность добываемого пласта). С увеличением глубины разработок оседание земной поверхности уменьшается и становится допустимым по достижении безопасной глубины разработок.

Градостроительное использование подрабатываемых территорий зависит от способа добычи полезного ископаемого, планировочной структуры города или системы населенных мест, функциональных потребностей в территориях, уровня развития инфраструктуры.

Выбор площадки для строительства зданий и сооружений должен производиться с учетом ожидаемых деформаций земной поверхности и результатов технико-экономического анализа затрат на защитные мероприятия\*.

При зонировании подрабатываемых территорий для градостроительного освоения необходимо учитывать факторы природного и технологического характера, влияющие на сохранность зданий и сооружений.

К благоприятным факторам следует отнести: наличие над выработанным пространством малопрочных, пластичных пород, смещение и деформация которых происходят плавно; пологое падение пластов; малую мощность разрабатываемых пластов; применение разработок с закладкой выработанного пространства.

К неблагоприятным факторам относятся: наличие над выработанным пространством, особенно вблизи земной поверхности, твердых и плотных пород и грунтов; крутое падение пластов; большая мощность добываемых промышленных пластов; применение систем разработки без закладки выработанного пространства; высокий уровень подземных вод; значительные неровности рельефа, обуславливающие при подработке развитие оползней и возникновение трудностей в организации поверхностного стока атмосферных осадков.

В связи с тем что смещение земной поверхности над горными выработками обычно заканчивается в течение одного года — пяти лет, а иногда и более, под застройку в первую очередь используют территории, под которыми активная стадия оседания земной поверхности заканчивается к моменту строительства или только начинается к окончанию срока амортизации проектируемых зданий и сооружений.

Схему функционального зонирования нарушенных территорий и размещения площадок для застройки целесообразно приводить на топографических планах, где дополнительно указаны:

- контуры площадей залегания полезных ископаемых;
  - границы существующих и будущих выработанных пространств;
  - границы существующей и прогнозируемой зон просадки земной поверхности;
  - контуры предохранительных целиков (рис. VIII.20.2).
- Технический этап рекультивации территории включает:
- закладку выработанного пространства для уменьшения конечных величин деформаций земной поверхности;
  - ограничение числа отработанных пластов и их мощности;
  - сокращение продолжительности останковки временных границ выработанного пространства для уменьшения деформаций земной поверхности во временных краевых частях мульд смещения;
  - строительство системы лотков на прилегающих территориях для перехвата стока атмосферных вод на подрабатываемые земли;
  - организацию рациональной системы поверхностного стока на подрабатываемой территории с целью ликвидации бессточных участков, уменьшения инфильтрации атмосферных осадков;

\* Руководство по расчету и проектированию зданий и сооружений на подрабатываемых территориях. — М.: Стройиздат, 1977. — 141 с.

устройство вдоль периметров зданий и сооружений компенсационных щелей, разгружающих участок массива, на котором расположен объект, от деформаций.

Особое внимание следует уделять конструкциям зданий и сооружений на подрабатываемых территориях. При проектировании зданий и сооружений по жестким конструктивным схемам в качестве инженерных мер защиты необходимо предусматривать: усиление несущих конструкций и объединение их в пространственные жесткие блоки; устройство фундаментных и поэтажных железобетонных поясов, фундаментных связей-распорок; фундаментов в виде сплошных железобетонных плит, перекрестных балок, балок стенок и т. п. При проектировании зданий и сооружений по податливым конструктивным схемам следует предусматривать: разделение зданий и сооружений на отсеки с устройством между ними деформационных швов; устройство швов скольжения в фундаментных конструкциях, шарнирных и шарнирно-подвижных сопряжений и стыков несущих и ограждающих конструкций; снижение жесткости колонн и несущих стен.

Комплекс перечисленных выше мероприятий используется при проектировании зданий и сооружений по комбинированным схемам.

Почвенный слой на подрабатываемых территориях нарушается незначительно, поэтому их биологическую рекультивацию производят только в местах засыпки провалов шахтной породой. Горную породу терриконников или свежую шахтную породу исследуют на кислотность, засоленность, содержание полезных для растений веществ, а также гранулометрический состав.

Методы биологической рекультивации зависят как от свойств насыпных грунтов, климатических и микроклиматических условий, так и от градостроительного использования нарушенных территорий.

### VIII.20.3. ТЕРРИТОРИИ ОТКРЫТЫХ ВЫРАБОТОК

При разработке полезных ископаемых открытым способом формируется вогнутый (отрицательная форма — карьеры, обводненные и сухие межотвалыные пространства) или выпуклый (положительная форма — отвалы, хвостохранилища) тип рельефа.

При эстетически-визуальной и структурно-пространственной оценках нарушенных территорий следует учитывать, что отрицательные формы рельефа оказывают меньшее воздействие на прилегающую территорию, чем положительные.

Карьеры добычи строительных материалов имеют маломощную вскрышу и мощный пласт добываемого материала. В связи с этим для полной засыпки карьеров могут быть использованы только отходы металлургических предприятий и крупных ТЭЦ. При отсутствии такой возможности карьеры используют как водоемы различного назначения.

При восстановлении территорий открытых горных выработок работы по вертикальной планировке выполняют в минимальном объеме, обеспечивая, главным образом, устойчивость форм, и принимая меры против эрозии и избыточной инфильтрации атмосферных осадков. Исходя из этого производят:

- террасирование бортов карьеров, отвалов при различном функциональном использовании;
  - планировку-уположивание или планировку-нивелирование отвалов;
  - подготовку поверхности дна карьера под ложе водоема;
  - засыпку-формирование или засыпку-нивелирование карьеров;
  - полную засыпку карьера до отметок прилегающих территорий.
- Выбор видов работ по вертикальной планировке зависит от размеров нарушенной поверхности, физико-биологических свойств грунтов, местоположения нарушенной территории в плане города и ее визуального восприятия, а также функциональных потребностей населенных пунктов или города.

Рельеф и экспозиция склонов являются основными факторами, обуславливающими микроклимат нарушенной территории. Различие в интенсивности солнечного освещения и испаряемости на склонах возрастает с увеличением их крутизны. Склоны северной экспозиции при уклоне 2—5° получают 75, а при уклоне 6° — 50% солнечного освещения горизонтальной поверхности. Вогнутые части нагреваются на 4—6° больше, чем выпуклые (приподнятые) участки. Рельеф влияет на перераспределение атмосферных осадков, что приводит к дифференциации запасов влаги на склонах различной экспозиции: южные склоны имеют меньший, а северные и восточные — больший запас влаги. Выравнивание откосов способствует

увеличению плотности пород и уменьшению скорости инфильтрации. Скорость инфильтрации на невыровненных откосах в четыре раза больше, чем на выровненной поверхности.

Периоды, необходимые для уплотнения различных видов насыпных грунтов под действием собственного веса, составляют: планомерно возводимых насыпных песчаных грунтов — 0,5—2 года; глинистых грунтов — 2—8 лет; отвалов песчаных грунтов — 2—5, отвалов шлаков, формовочной земли, отходов обогащательных фабрик, золы и пр. в зависимости от состава — от 2—10 лет; свалок грунтов, производственных отходов и бытовых отходов в зависимости от состава — 10—30 лет.

Для предотвращения отрицательных последствий осадки отвалов предусматривают их многократную планировку. Разрыв во времени между планировками принимают не более одного года. Время же между завершением отвалообразования и началом работ по созданию конечных отметок рекультивируемой поверхности может составлять от одного года до трех лет.

Технический этап рекультивации территорий открытых горных выработок начинается со снятия плодородного слоя почвы на всех площадях, отведенных под производственные объекты предприятия. При отсутствии условий для немедленного использования снятый почвенный слой складывают в удобных местах (рядом с транспортными коммуникациями, у границ рекультивируемых участков и т. д.). Высота почвенных складов не должна превышать 10—15 м. Их поверхность необходимо засеивать многолетними травами. Почву можно хранить не более 10 лет.

При различных системах разработки горных пород открытым способом с целью обеспечения устойчивости откосов отвалов и эффективной рекультивации их поверхности для биологического освоения производятся раздельные выемка и укладка в отвалы пород вскрыши. Дренажное основание отвалов и повышение устойчивости обеспечиваются при укладке в основание песчаных или разрыхленных твердых пород. В нижнюю часть отвала следует укладывать также токсичные породы, в верхние горизонты (совместно или раздельно) — индифферентные и потенциально плодородные грунты, а в случае рекреационного использования территории — и почвенный слой.

При отсыпке породных отвалов углы естественного откоса составляют от 18 до 43°. Такие откосы подвергаются сильной водно-ветровой эрозии, поэтому даже при производстве минимальных объемов работ по вертикальной планировке необходимо изменять их профиль (он может быть сплошным или в виде террас). Параметры откоса (угол уполаживания откоса, ширина террасы, расстояние между террасами) устанавливают на основании требований, предъявляемых природной среде той или другой функциональной зоной, размещаемой на нарушенной территории. В случае использования территории под промышленную, жилую или зону размещения коммунальных устройств геометрические параметры устанавливают исходя из следующих данных:

- планировочного решения осваиваемого участка;
- типов и размеров промышленных или гражданских зданий;
- конструктивных особенностей зданий и сооружений;
- условий размещения устройств внешнего транспорта и промышленных зон;
- прочностных характеристик грунтов.

При устройстве водоемов особое внимание следует уделять устойчивости прибрежных склонов, гидрогеологическому режиму территории, водопроницаемости чаши водоема. При значительной фильтрации необходимо устраивать экраны из глины или тяжелых сульфидов, предохраняемые слоем местного грунта мощностью 30 см. Согласно санитарно-гигиеническим требованиям минимальная глубина водоемов должна быть не меньше 1,5 м.

При использовании нарушенных территорий для рекреационных целей необходимо обеспечить нормальные условия для произрастания деревьев и кустарников и ухода за ними. Планировку дорожно-тропиночной сети выполняют с учетом организации поверхностного стока.

При высоте откоса 20 м угол откоса не должен превышать 12—14°, а при высоте 5—6 м — 24—30°. Ширину отвальных террас определяют исходя из условий обеспечения механизированной посадки и ухода за насаждениями. Деревья следует высаживать на расстоянии не менее 1,5 м от бровки откоса отвала. Минимальная ширина террасы должна составлять не менее 8 м.

Технический этап рекультивации гидроотвалов (площадь гидроотвалов достигает нескольких сотен гектаров) связан в основном с организацией стока поверхностных вод, регулированием режима грунтовых вод и созданием прочных устойчивых

оснований под здания и сооружения. Гидроотвалы имеют ровную поверхность с небольшим уклоном к отстойникам. Откосы гидроотвалов сравнительно пологие — от 1:3 до 1:5 (рис. VIII.20.3).

Состав мероприятий биологического этапа рекультивации определяется функциональным использованием нарушенной территории; климатическими и микроклиматическими особенностями района проектирования; мероприятиями технического этапа рекультивации; составом и свойствами грунтов; породным составом зеленых насаждений, произрастающих в данной местности.

Создание на нарушенных территориях необходимых условий для произрастания различных сообществ зеленых насаждений зависит от начальных мероприятий биологической рекультивации. Землевание

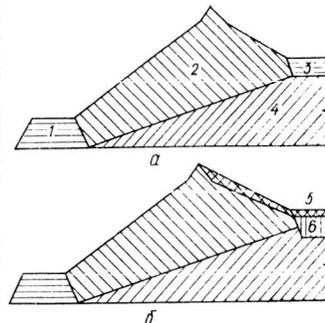


Рис. VIII.20.3. Рекультивация гидроотвала: а — рабочее состояние гидроотвала; б — после выполнения гидротехнической рекультивации; 1 — плотина; 2 — глинистый песок; 3 — вода; 4 — суглинка и глина; 5 — почвенный слой; 6 — потенциально плодородные породы.

(комплекс работ по снятию, транспортированию и нанесению плодородного слоя почвы и потенциально плодородных пород на малопродуктивные угодья с целью их улучшения) ускоряет процесс почвообразования благодаря более интенсивному развитию полезных почвенных микроорганизмов.

Одним из простых способов биологической мелиорации грунтов является использование растений-пионеров, способных повысить биологическую активность грунтов (люпина многолетнего, донника и др. видов бобовых растений). Из древесных пород к такому типу растений относятся береза, черная и серая ольха, ива козья, осина, белая акация.

Толщина соответствующим образом подготовленного почвенного слоя при биологической рекультивации карьеров и отвалов должна составлять, м: для деревьев — 0,7—1,0; для кустарников — 0,6—0,8; для газонов — 0,3; для однолетних и многолетних цветов — соответственно 0,3 и 0,5—0,7 м.

#### VIII.20.4. ТЕРРИКОНИКИ, ХВОСТОХРАНИЛИЩА, ЗОЛОШЛАКООТВАЛЫ

Особенности рекультивации терриконов, хвостохранилищ и золошлакоотвалов обусловлены размещением их в пределах застройки или вблизи нее, влиянием на санитарно-гигиеническое состояние прилегающих территорий, составом материала, формирующего техногенный рельеф, возможностью использования отходов в различных отраслях народного хозяйства.

Технический этап рекультивации этих территорий включает комплекс работ по вертикальной планировке: нивелирование техногенного рельефа (полную разборку терриконов, отвалов, хвостохранилищ с использованием пород и отходов либо для засыпки вогнутых форм рельефа различного происхождения, либо для использования отходов в промышленности и городском хозяйстве); срезку вершин терриконов; террасирование бортов отвалов, терриконов.

Если планировочная структура населенного пункта расчленена из-за наличия пересеченного рельефа (густой овражно-балочной сети), породу терриконов и отходы ГОКов, ТЭЦ и металлургических предприятий целесообразно использовать для ликвидации оврагов, засыпки пониженных мест рельефа и прокладки городских транспортных и инженерных коммуникаций, размещения промышленных объектов (рис. VIII.20.4).

Разборку терриконов производят сверху вниз слоями высотой не более 1 м (рис. VIII.20.5).

Мероприятия биологического этапа рекультивации сводятся, главным образом, к укреплению поверхности отвалов посредством уплотнения грунтов и гидропосева трав, а также к организации поверхностного стока с применени-

ем лотков на прилегающих к склонам участках и гибких конструкций водоотводных сооружений.

При восстановлении биологических свойств грунтов на нарушенных территориях следует учитывать, что к малопригодным, а иногда и к не пригодным для произ-

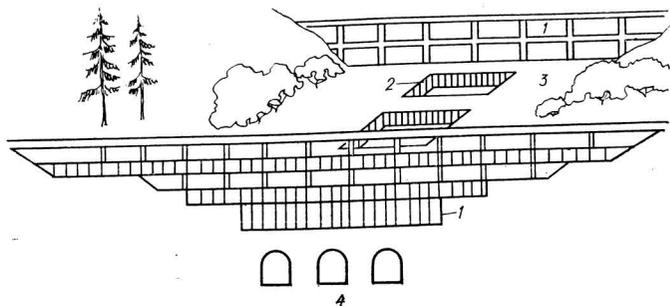


Рис. VIII.20.4. Размещение промышленных объектов после рекультивации отвала вскрыши:

1 — промышленные предприятия; 2 — световые дворы; 3 — пешеходная платформа; 4 — инженерные коммуникации.

растения растительности породам относятся шламы и флотационные хвосты предприятий черной и цветной металлургии, к более пригодным — золы бурых и каменных углей.

Большое значение для жизнедеятельности растений на нарушенных территориях имеют также физические свойства пород и отходов, которые формируют отвалы. Отвалы и хвостохранилища неустойчивы против эрозии.

Для использования золы в качестве субстрата для выращивания растений золу необходимо подкислять (рН 8—10) и обогащать питательными веществами с помощью удобрений. Одним из эффективных способов изменения рН золы является примешивание к ней третичных горных пород, имеющих сильнокислую реакцию. Рекомендуется также производить вспашку на глубину 20—40 см и вносить основные минеральные удобрения в количестве, кг/га: азота — 100, фосфора — 160, калия — 80. В первую очередь можно использовать такие древесные и кустарниковые породы, как береза бородавчатая, тополь, облепиха, ольха. Позднее можно посеять овсяницу красную, ежу сборную, донник белый. Улучшают рост растений добавки торфа и бурого угля, а иногда и прибавка серы.

При биологической рекультивации хвостохранилищ с токсичными грунтами необходимо проводить защитные мероприятия. Для предотвращения выщелачивания атмосферными осадками токсичных компонентов хвостов и загрязнения ими грунтовых вод используют водоупорный экран — слой глинистых или тяжелых суглинистых грунтов мощностью 20 см. С целью защиты растений от восходящих потоков вод, минерализованных токсичными веществами хвостохранилищ, укладывают капиллярно-прерывающий слой грунта, например гли-

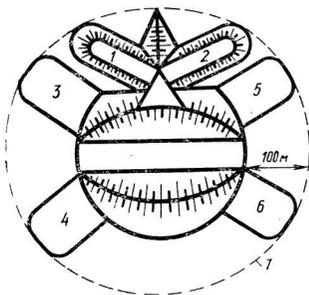


Рис. VIII.20.5. Разборка террикоников:

1, 2 — отвалы, образующиеся при разборке вершины терриконика (до высоты 40 м); 3—6 — отвалы, образующиеся при разрезе терриконика трапецией; 7 — граница размещения отвалов.

нистого, толщиной 20—30 см. Сверху укладывают потенциально плодородные грунты и — при необходимости — гумусированный слой почвы. Мощность последних двух слоев зависит от размещаемых растительных сообществ, выбор которых определяется, прежде всего, градостроительным использованием территории.

Биологический этап рекультивации террикоников начинают с улучшения поверхностного слоя. В качестве субстрата обычно применяют смесь почвы и шахтной породы. Деревья и кустарники высаживают в траншеи и ямы, полностью заменяя породы растительной почвой. Для дернообразующих трав применяют посев и посадку корневищами. Так как влажность почв и субстратов, нанесенных на поверхность террикоников, очень низка, необходимо производить систематический полив. При этом следует учитывать, что избыточное увлажнение склонов террикоников может вызвать оползни, поэтому полив должен быть строго регламентирован.

Наиболее перспективными для биологического освоения террикоников являются: из дернообразующих трав — пырей ползучий и гребневидный, донник, мятлик луговой, овсяница красная; из древесно-кустарниковых — смородина золотистая, вяз перистоветвистый, облепиха крушиновая, кизильник блестящий.

Необходимые мероприятия по восстановлению нарушенных территорий (табл. VIII.20.3) и их стоимость (табл. VIII.20.4) должны быть конкретизированы с учетом местных условий.

### VIII.20.3. Некоторые виды восстановительных работ и их ориентировочная стоимость

Номер п. п.	Виды работ	Способы производства	Стоимость работ
1	Земляные	а. Засыпка понижений и мест заболоченности с доставкой грунта на расстояние до 3 км и грубой планировкой на отвале	р/м <sup>3</sup> 0,6—0,8
		б. Разработка и перемещение грунта бульдозером	0,15—0,25
		в. Уплотнение грунта кульчачковыми катками	0,04
		г. Намыв территории — рефулирование грунта	0,4—0,6
2	Водоотвод	д. Разработка террикоников (разборка, охлаждение породы и др. процессы)	0,8—1
		Строительство дождевой канализации	р/год 1000
3	Дренажные	Устройство дренажа:	
4	Устройство	а. При освоении территории для жилищного культурно-бытового и промышленного строительства	2500—4500
		б. То же для зеленого строительства	1500
5	Подготовка территории для зеленого строительства и озеленение	Обводнение провалов и карьеров с устройством ложа, водосбросом, берегоукреплением	р/год 1000
		а. Образование растительного слоя на нарушенных участках	8000
		б. Оборудование растительного слоя на насыпных грунтах	20 000
		в. Насаждения общего пользования	12 000
		г. Создание лесопарков	1000

### VIII.20.5. ТЕРРИТОРИИ ПОЛИГОНОВ

Для рекультивации территорий полигонов твердых отходов требуется ежегодное новых земель в размере примерно 0,6 га на 100 тыс. жителей.

Градостроительное использование территории полигона должно быть установлено на стадии проекта районной планировки для системы населенных мест и на стадии генплана для отдельных городов. Оно определяется следующими факторами:

## VIII.20.4. Рекомендации по выбору комплекса инженерных мероприятий

Типы нарушений	Виды мероприятий	Необходимый комплекс работ и по во восстановлению			
		Возведение зданий		Зеленое	
		Виды* работ	Стоимость, тыс. р.	Виды* работ	Стоимость, тыс. р.
Провалы	Полная засыпка	1а, б; 2; 3а; 5б, в	10—40	1а; 2; 3б,г	
То же	Планировка на пониженных отметках	1б; 2; 3а	9,5—35,0	1б; 2; 3б	
	Устройство водоемов	—	—	—	
То же	Незначительные планировочные работы, озеленение	—	—	2; 5а,в	
Отвалы шахтной породы	Ликвидация	1; 2; 3а	100 и более	1а; 2; 3б; 5в	
То же	Частичная разборка	—	—	1д; 5д	
	Озеленение	—	—	5д	
Карьеры	Засыпка	1а, в; 2; 3а; 5б,в	10—40 (большая часть карьеров глубиной около 7 м)	1а; 2; 3б; 5г	

\* См. табл. VIII.20.3.

## мероприятий по восстановлению нарушенных территорий

ориентировочная стоимость мероприятий 1 га территории			Условия применения мероприятий	
строительство		Устройство водоемов		
Стоимость, тыс. р.	Виды* работ	Стоимость, тыс. р.		Виды* работ
9,5—20,0	—	—	—	<p>При размещении восстанавливаемого участка в застроенных районах города и при наличии вблизи закладочного материала (для засыпки провалов может быть использована и порода ближайших террикоников)</p> <p>После вертикальной планировки межпровальных перемычек положение площадки строительства по отношению к дневной поверхности должно быть таким, чтобы затраты на устройство въездов на эту площадку и их подключение к канализационным коллекторам были по возможности меньшими</p> <p>При необходимости устройства водоема и наличии надлежащих гидрогеологических условий</p> <p>Наиболее простое из мероприятий, проводимых в целях благоустройства городских территорий. Необходимо предусматривать устройство водоотвода</p> <p>Для оздоровления городской среды и во избежание оползания или взрыва терриконика. Стоимость так высока, что работы целесообразно проводить только в случаях, когда из-за наличия террикоников невозможно разместить строительство или когда есть потребители породных масс</p> <p>Разборка террикоников зачастую производится горными предприятиями с целью образования непожароопасных отвалов. На плоских отвалах могут быть устроены площадки отдыха, спортивные площадки</p> <p>Возможно озеленение потухших и горящих террикоников. До начала работ должен быть изучен химический состав пород</p> <p>Полная засыпка до прежних отметок дневной поверхности ограничена затратами на доставку закладочного материала. Карьеры сырья строительных материалов следует засыпать грунтом из котлованов под фундаментами зданий или отходами промышленных предприятий. Засыпка угольных и рудных карьеров производится вскрышными породами отработанных участков</p>
10—18	—	—	—	
—	4	10	—	
10	—	—	—	
Более 10	—	—	—	
50	—	—	—	
—	—	—	—	
9,5—20,0 (большее число для карьеров глубиной около 7 м)	—	—	—	

Типы нарушений	Виды мероприятий	Необходимый комплекс работ и по восстановлению		
		Возведение зданий		Зеленое
		Виды* работ	Стоимость, тыс. р.	Виды* работ
То же	Планировка и благоустройство	16; 2; 3а; 5б, в	7,0—10,5	16; 2; 3б; 5б, г
	Сохранение в прежнем состоянии, озеленение	—	—	5г
	Обводнение	—	—	—
	Разравнивание гребней	—	—	1б; 5б, г
Отвалы вскрыши	Полная разборка	1а, б	—	—
	Озеленение	—	—	5г

\* См. табл. VIII.20.3.

функциональными потребностями в территориях системы населенных мест и отдельных городов;  
 существующей и перспективной системами транспортного обслуживания группы населенных мест и отдельных городов;  
 существующей и перспективной системами культурно-бытового обслуживания населения группы населенных мест и отдельных городов;  
 выбранной схемой складирования отходов на полигоне;  
 инженерно-геологическими особенностями территории полигона и прилегающих территорий;

временем эксплуатации полигонов.  
 Территории полигонов твердых отходов используются для размещения зон: промышленных, жилых микрорайонов, внешнего транспорта, рекреационных, коммунально-складских, пригородного сельского хозяйства.

Особенности рекультивации полигонов заключаются в создании оптимальных санитарно-гигиенических условий для дальнейшего градостроительного использования и улучшения инженерно-геологических характеристик основания под застройку.

Необходимо учитывать, что в результате биохимических анаэробных реакций на полигонах выделяются газы: метан, сероводород, водород и др. Наиболее интенсивное газовыделение происходит в первые два года эксплуатации полигона. Однако выделение газа может происходить и по прошествии десятков лет после закрытия полигона, так как распад органических веществ отходов, складированных слоями толщиной более 2 м, на 50% происходит за 57, а на 90% — через 950 лет. Чем меньше слой отходов, тем быстрее происходит разложение. Исследования, проведенные АКХ им. К. Д. Памфилова, показали, что слой отходов мощностью 4 м за пять лет не претерпел никаких изменений, а слой отходов мощностью 1 м, перекрытый землей, разложился полностью через 9 мес. Поэтому по мере складирования

ориентировочная стоимость мероприятий 1 га территории			Условия применения мероприятий
строительство	Устройство водоемов		
Стоимость, тыс. р.	Виды* работ	Стоимость, тыс. р.	
2—10	—	—	Наиболее желательная с точки зрения горных предприятий форма восстановления карьеров Допустимо при размещении карьера вне городской черты и вдали от транспортных коммуникаций систем расселения Обводнение может быть проведено без значительных затрат, если карьеры заливаются грунтовыми водами или водами, фильтрующимися из рек Возможно, если перемещается небольшое количество грунтовых масс при незначительной амплитуде высот гребней отвалов Требуются значительные затраты. Производится в связи с этим лишь при необходимости и при условии использования грунтов отвалов для каких-либо видов производства Целесообразно при размещении отвалов вне городской черты и вдали от транспортных коммуникаций систем расселения
1	—	—	
—	4	10	
20 (при высоте гребней около 1 м)	—	—	
—	—	—	
1	—	—	

отходов на полигонах необходимо следить за соблюдением нормативных толщин слоев и проводить тщательные изыскания по выявлению газовыделения при рекультивации давно не эксплуатируемых полигонов. Если отходы покрыты газонепроницаемым слоем, газы могут накапливаться в опасной концентрации. В этих случаях необходимо проводить дренирование.

Следует также тщательно исследовать грунтовые воды восстанавливаемых и прилегающих территорий старых полигонов.

При инженерно-геологических изысканиях необходимо учитывать, что отходы минерализуются от поверхности вглубь в течение первого года на 12, второго — на 21, третьего — на 27, четвертого — на 38, пятого — на 45, шестого — на 75 и седьмого — на 100 см. При общей высоте полигона больше 10 м за пять-шесть лет плотность отходов увеличивается до 0,75—0,85 т/м<sup>3</sup>, а высота рабочего слоя уменьшается с 2 м до 1,3—1,5 м.

Технический этап рекультивации проводится в зависимости от градостроительного использования либо в виде полной замены отходов на прочный грунт (обычно при использовании территории для крупного промышленного строительства), либо в виде минимального объема работ по вертикальной планировке с приданием рельефу необходимых уклонов (при этом учитывают толщину слоя минерализации отходов, газовыделение). Разбирать и использовать под удобрение можно только полигоны бытовых отходов.

Экономически выгодно использовать бытовые отходы как удобрение при биологической рекультивации нарушенных территорий с повышенной кислотностью.

**Химический состав бытовых отходов, % сухого вещества**

Органическое вещество	60,0—70,0
Азот	≈ 1,0

Фосфор	0,44—0,53
Калий	0,30—0,45

Общее количество микроорганизмов в бытовых отходах составляет около миллиарда на 1 г сухого вещества. Содержание извести значительно превосходит ее содержание в навозе (3,6% против 0,5%; рН 6—8).

При проектировании застройки на территории бывших полигонов необходимо: обеспечить устойчивость основания; установить и по возможности снизить величину осадки зданий и сооружений; обеспечить завершение интенсивной части осадки в заданный срок; исключить недопустимые упругие деформации при движении транспорта.

Строительство на территории бывших полигонов можно начинать только после стабилизации поверхности. При этом должны применяться все меры, предусматриваемые при возведении зданий и сооружений на сильно и неравномерно сжимаемых породах: устройство армированных поясов и осадочных швов, разрезка зданий на отдельные жесткие отсеки, полная или частичная выемка отходов, использование свайных фундаментов без размещения первого этажа на уровне земли. Крутизна откосов высотных полигонов зависит от высоты полигона:

Высота полигона, м	Крутизна откоса
20	1 : 3,5
40	1 : 5,0
60	1 : 6,5
80	1 : 7,0
100	1 : 9,0

При биологическом этапе рекультивации необходимо учитывать, что при уплотнении отходов замедляется скорость разложения органических веществ отходов и образуется непроницаемый слой, который спадается при высыхании. Это, как правило, приводит к отравлению молодых саженцев окисью углерода. Поэтому верхний слой полигона мощностью 1,5 м следует составлять из биоразлагающихся компонентов — растительных отходов и уличного смета. Этот слой не уплотняют. Сверху укладывают слой чернозема мощностью 0,5 м.

Для озеленения восстанавливаемых территорий полигонов вначале применяют либо только мелноразветвленные растения (ольху черную и серую, березу бородавчатую, осину, белый тополь, иву козью и бобовые — клевер, люпин, донник, люцерну), либо комбинированные посадки из растений-пионеров и основных пород (дуба, лиственницы, ясеня, клена и т. д.). При этом необходимо учитывать, что оптимальный показатель рН для хвойных пород составляет 4,5—6,0, для лиственных — 6,0—7,5. При опасности газовой выделении на территориях, предназначенных для рекреационного использования или для открытых складов, следует предусматривать устройство изолирующего слоя мощностью 2 м из суглинки или глины, поверх которого после уплотнения укладывают слой инертного грунта мощностью 1 м и слой чернозема мощностью 0,5 м.

## Раздел IX. ОСВОЕНИЕ ТЕРРИТОРИЙ В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

### Глава 21. ИНЖЕНЕРНАЯ ПОДГОТОВКА ТЕРРИТОРИЙ С КАРСТОМ

#### IX.21.1. ТИПЫ КАРСТА И ФОРМА ЕГО ПРОЯВЛЕНИЯ

Карстовые процессы проявляются в виде специфических поверхностных и подземных форм, своеобразии свойств речно-озерной сети и циркуляции подземных вод.

Карстовые процессы наблюдаются в известняках, доломитах и переходных разновидностях карбонатных пород, в известковых конгломератах и брекчиях, меловых породах, гипсе, ангидрите, каменной соли, калийных, калийно-магневых и др. соляных породах, а также — при определенных условиях — в мелоподобных мергелях и мраморе.

Карстовые явления и процессы подразделяют по типам деформаций земной поверхности, литологическому составу и особенностям залегания карстовых пород.

В труднорастворимых породах развиваются карбонатный (известняки, доломиты, мел), сульфатный (гипс) и сульфатно-карбонатный типы, в легкорастворимых наблюдается соляной тип карста.

Различают следующие типы карстовых деформаций земной поверхности:

провалы, среди которых выделяют провалы, вызванные обрушением кровли карстовых полостей, карстово-суффозионные провалы, возникающие в результате просасывания (вымывания) в карстовые полости и трещины рыхлого материала из покровных отложений, и смешанные провалы;

постепенные оседания земной поверхности (небольшие по площади местные оседания и оседания на обширной площади, приводящие иногда к образованию крупных мульд оседания и депрессий);

коррозия земной поверхности в местах выхода растворимых горных пород. Нередко встречаются комбинированные и промежуточные типы деформаций земной поверхности.

По особенностям залегания карстовых пород карсты подразделяют на два типа: открытый (карстовые породы лежат непосредственно на поверхности) и скрытый, или покрытый (карстовые породы перекрываются слоями нерастворимых водонепроницаемых или водопроницаемых пород). По отношению к уровню подземных вод карстовые породы могут залегать в зоне аэрации, постоянного водонасыщения или в той и другой одновременно.

#### IX.21.2. ГРАДОСТРОИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИЙ С КАРСТОМ

Градостроительная оценка территорий с карстом производится на основании данных инженерно-геологических исследований по изучению условий формирования карста, интенсивности и характера его развития. Цель этих исследований — определение участков, пригодных для возведения зданий и сооружений, а также проектирование мероприятий для борьбы с карстом в период строительства и эксплуатации объектов.

Устойчивость территорий определяют на основе инженерно-геологического районирования по условиям и степени развития карста. Для ее количественной оценки используют показатели среднегодового количества карстовых провалов, отнесенного к единице площади, и среднегодовой поражаемости территории карстовыми провалами.

Среднегодовое количество карстовых провалов, отнесенное к единице площади,

$$P = \frac{n}{st},$$

где  $n$  — число провалов, зарегистрированных на площади  $s$ , км<sup>2</sup>, за промежуток времени  $t$  лет.

Величина, обратная  $P$ , — средняя периодичность провалов, показывающая, через какие промежутки времени на площади 1 км<sup>2</sup> образуется один провал:

$$\frac{1}{P} = \frac{st}{n}.$$

Среднегодовая поражаемость территории карстовыми провалами определяется по формуле

$$B = \frac{\Sigma s}{st} \cdot 100\%,$$

где  $\Sigma s$  — сумма площадей провалов, км<sup>2</sup>, образовавшихся на территории за промежуток времени  $t$  лет.

При районировании выделяют следующие категории карстовых территорий по степени их устойчивости относительно провалов: очень неустойчивые ( $P > 1,0$ ), неустойчивые ( $P = 0,1—1,0$ ), недостаточно устойчивые ( $P = 0,05—0,10$ ), пониженной устойчивости ( $P = 0,01—0,05$ ), относительно устойчивые ( $P < 0,01$ ) и устойчивые (образование провалов исключается).

Для оценки скорости развития карста используют показатель активности карстового процесса. Скорость развития карста выражается отношением объема карсто-

ренной породы, выносимой подземными водами из карстового массива, к общему объему карстовых пород за определенный промежуток времени (за тысячелетие). Показатель активности карстового процесса, ‰ за 1000 лет,

$$A = \frac{V}{V'} \cdot 100,$$

где  $V$  — объем растворенной породы,  $m^3$ , выносимой подземными водами за 1000 лет;  $V'$  — общий объем массива карстовых пород,  $m^3$ .

#### IX.21.1. Степень пригодности территорий с карстом под застройку в зависимости от среднегодового количества провалов

Зона застройки	Пригодные территории	Ограниченно пригодные территории	Непригодные территории
Селитебная Промышленная и транспортная	Менее 0,01 Провалы исключаются	От 0,01 до 0,1 Менее 0,05	Более 0,1 » 0,05

Объем растворимой породы, выносимой подземными водами из карстового массива, определяют по среднему химическому составу вод источников, который отражает суммарный результат условий, влияющих на интенсивность карстового процесса (состав и мощность пород, агрессивность подземных вод и скорость их перемещения).

Степень пригодности участка под застройку в пределах территории с карстом определяется отдельно для селитебной, промышленной и транспортной зон в зависимости от среднегодового количества провалов на  $1 \text{ км}^2$  в год (табл. IX.21.1).

Пятна под застройку зданий и сооружений выбирают на устойчивых, ненарушенных карстовым процессом блоках пород. Не рекомендуется размещать здания и сооружения непосредственно на месте старых карстовых форм (воронки, впадины) и вблизи их скопления. Территории, непригодные для строительства, используются для зеленых насаждений.

#### IX.21.3. МЕРЫ БОРЬБЫ С КАРСТОМ

Выбор мероприятий по защите зданий и сооружений, возводимых в карстовых районах, осуществляется в зависимости от условий развития и характера проявления карста, от назначения и конструктивных особенностей проектируемого объекта.

Инженерная подготовка оснований зданий и сооружений, проектируемых на территориях с карстом, включает:

- вертикальную планировку и отвод дождевых, сточных, дренажных и ирригационных вод за пределы водосборных площадей поверхностных вод;
- засыпку карстовых впадин глинистым материалом;
- тампаж водоупорными материалами (цементацию) всех водопоглощающих воронок и трещин, выходящих на дневную поверхность, а также буровых скважин и др. инженерно-геологических выработок;

- заполнение подземных пустот (опасность возникновения провалов и оседаний зданий и сооружений может быть уменьшена или ликвидирована тампажем полостей и трещин в карстовом массиве и заполнением карстовых пустот бутобетонной кладкой);

- устройство водонепроницаемых завес вокруг пятен застройки методами цементации, битумизации, силикатизации, «стены в грунте» и т. д., препятствующих развитию карстового процесса;

- устройство глубоких фундаментов на буронабивных сваях или на опорах глубокого заложения, которыми проходят карстовые породы.

С целью обеспечения прочности, устойчивости и эксплуатационной пригодности зданий и сооружений в случае появления карстовых провалов устраивают специальные фундаменты, принимают меры по усилению конструкций зданий и улучшению условий их работы, строят промышленные здания новых типов и т. п.

При эксплуатации подземных сетей необходимо полностью устранить возможные утечки из водопроводной, канализационной, теплофикационной и др. сетей.

Утечки агрессивных промышленных стоков в грунт не допускаются.

## Глава 22. ИНЖЕНЕРНАЯ ПОДГОТОВКА ТЕРРИТОРИЙ С ГОРНЫМИ ВЫРАБОТКАМИ

### IX.22.1. ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ЗАСТРОЙКИ ТЕРРИТОРИЙ

Оценку территорий, подработанных (подрабатываемых) горными выработками, по условиям застройки осуществляют исходя из горно-геологического обоснования, составленного специализированной проектной организацией, которое должно содержать:

- геологические и гидрогеологические данные о подрабатываемых толщах;
- планы горных работ с указанием перспектив разработок полезных ископаемых;
- сведения о системах разработки полезных ископаемых и контурах площадей залегания их балансовых и забалансовых запасов;
- сведения о контурах площадей территорий различных групп по величинам ожидаемых деформаций земной поверхности;
- данные о местах выхода под наносы тектонических нарушений и пластов полезных ископаемых, расположении устьев старых вертикальных и наклонных выработок;

- данные о местах, где возможно образование провалов, о проявившихся на земной поверхности уступах, тектонических нарушениях и провалах;

- оценку изменений геоморфологических, гидрологических и гидрогеологических условий участка застройки вследствие оседания земной поверхности, а также возможных изменений физико-механических свойств грунтов в результате изменения гидрогеологических условий территории.

Под застройку прежде всего используют территории, под которыми залегают непромышленные полезные ископаемые или же выработаны промышленные полезные ископаемые и процесс деформацией земной поверхности закончился, а также территории, где подработка полезных ископаемых ожидается после окончания срока амортизации проектируемых объектов. Не допускается строительство зданий и сооружений на подрабатываемых территориях, где по прогнозу возможно образование провалов и оползней или превышение допустимых\* значений ожидаемых деформаций земной поверхности.

На подрабатываемых территориях в местах выходов рабочих и отработанных пластов и тектонических нарушений, а также в районах со старыми горными выработками, пройденными на малых глубинах, строительство зданий и сооружений допускается только при наличии соответствующего заключения организаций, специализированных в данной области.

Территории, подработанные выработками на глубинах, выше безопасных, можно застраивать после окончания процесса сдвижения или после применения мер, исключающих возможность образования провалов (занятие выработок через скважины, закладка выработок породой). На этих горизонтах горные работы должны производиться с применением горных и конструктивных мер защиты.

Допустимые величины деформаций объекта зависят от его назначения и народнохозяйственной ценности, «чувствительности» строительных конструкций и оборудования к деформациям основания, а также от вида технологического процесса.

Безопасная глубина разработки, начиная с которой горные выработки не вызывают в сооружениях деформаций, более допустимых,

$$H_6 = \kappa_1 \frac{m}{[e]}, \text{ или } H_6 = \kappa_2 \frac{m}{[i]},$$

где  $\kappa_1$  и  $\kappa_2$  — коэффициенты, зависящие от группы месторождения и угла падения пласта;  $m$  — мощность извлекаемого пласта, м;  $[e]$  и  $[i]$  — соответственно допустимая горизонтальная деформация и наклон земной поверхности, мм/м.

Если для объекта установлены допустимые величины горизонтальной деформации и наклона, то в качестве безопасной глубины принимают наибольшее значение  $H_6$ , рассчитанное по двум формулам.

\* При допустимых значениях деформаций земной поверхности здания и сооружения могут получать повреждения, не вызывающие, однако, нарушений их эксплуатации по прямому назначению.

На территориях, подработанных на глубинах выше безопасных, водоемы сооружают по специальным проектам, предусматривающим меры защиты горных выработок от проникновения в них воды.

Подработанные территории, подлежащие повторным подработкам, застраивают с учетом активизации процесса сдвижения над ранее отработанными пластами при каждой последующей подработке, независимо от ее глубины.

#### IX.22.2. ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ТЕРРИТОРИЙ

К мероприятиям, обеспечивающим эксплуатационную пригодность зданий и сооружений, возводимых на подрабатываемых территориях, относятся: вертикальная планировка; рациональная ориентация зданий и сооружений относительно намечаемых к проведению (или существующих) выработок и выбор оптимальных габаритов объектов строительства; применение строительных и горно-технических защитных средств; использование рациональных конструкций и эффективных строительных материалов.

#### IX.22.1. Группы территорий в зависимости от ожидаемой деформации земной поверхности (СНиП II-8-78)

Группы территории	Ожидаемые деформации земной поверхности		
	Относительная горизонтальная деформация растяжения или сжатия $\epsilon$ , мм/м	Наклон $i$ , мм/м	Радиус кривизны $R$ , км
I	$12 \geq \epsilon > 8$	$20 \geq i > 10$	$1 \leq R < 3$
II	$8 \geq \epsilon > 5$	$10 \geq i > 7$	$3 \leq R < 7$
III	$5 \geq \epsilon > 3$	$7 \geq i > 5$	$7 \leq R < 12$
IV	$3 \geq \epsilon > 0$	$5 \geq i > 0$	$12 \leq R < 20$

Для предотвращения проникновения воды в горные выработки при инженерной подготовке территорий необходима организация отвода дождевых, сточных, дренажных и др. вод за пределы водосборных площадей. При этом следует учитывать возможность проникновения воды через шурфы и др. горные выработки, имеющие выход на дневную поверхность, а также через незатемпонируемые или некачественно затемпонируемые скважины.

Продольные оси зданий ориентируют: для I и II групп территорий (табл. IX.22.1) — по направлению простирания или перпендикулярно к направлению простирания пластов полезных ископаемых; для Iк — IIIк групп территории (см. ниже) — перпендикулярно к направлению простирания указанных пластов.

#### Группы территорий в зависимости от ожидаемой высоты уступа $h$ , см (СНиП II-8-78)

Iк	$25 \geq h > 15$
IIк	$15 \geq h > 10$
IIIк	$10 \geq h > 5$
IVк	$5 \geq h > 0$

Примечание. Здания размещают между уступами на земной поверхности.

Здания и сооружения на территориях с горными выработками проектируют по жестким, податливым или комбинированным конструктивным схемам.

По жесткой схеме проектируются объекты сравнительно небольших размеров в плане, а также объекты, в которых по условиям эксплуатации не допускается взаимное смещение конструкций.

По податливой схеме проектируют объекты больших размеров в плане, собственная жесткость которых незначительна. Податливость зданий и сооружений обеспечивается устройством швов скольжения, шарнирными соединениями элементов подвижных опор, разделением зданий и сооружений деформационными швами на

отсеки и т. д. Встроенные и примыкающие к зданиям тоннели, галерей, эстакады, емкости и т. п. также отделяют от зданий деформационными швами.

В качестве горных мер охраны участка земной поверхности проектируют: полную или частичную закладку выработанного пространства; разработку полезных ископаемых с разрывом во времени и в пространстве; широким фронтом несколькими лавами без оставления межлавных целиков; разработку пластов на неполную мощность или площадь.

Допустимая мощность извлекаемого пласта,  $m$ , определяется по формуле

$$[m] = \frac{m[\epsilon]}{\epsilon_m}$$

где  $[\epsilon]$  — допустимые деформации земной поверхности в основании подрабатываемого объекта, мм/м;  $\epsilon_m$  — максимальные деформации земной поверхности, возникающие при разработке пласта на полную мощность  $m$ , мм/м.

В качестве мер защиты зданий и сооружений допускается предусматривать в процессе эксплуатации выравнивание зданий, сооружений, их отдельных конструкций и технологического оборудования с помощью домкратов и др. выравнивающих устройств.

### Глава 23. ИНЖЕНЕРНАЯ ПОДГОТОВКА ТЕРРИТОРИЙ, СЛОЖЕННЫХ ПРОСАДОЧНЫМИ ГРУНТАМИ

#### IX.23.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПОВ ГРУНТОВ ПО ПРОСАДОЧНОСТИ

При замачивании в просадочных грунтах под действием внешней нагрузки или собственного веса происходит их уплотнение в результате разрушения структурных связей грунта.

К просадочным грунтам относятся лессы, лессовидные грунты и некоторые виды покровных глинистых грунтов со степенью влажности  $G < 0,8$ .

Наличие просадочных грунтов в массиве предварительно устанавливают с помощью показателя

$$P = \frac{e_L - e}{1 + \rho}$$

где  $e_L$  — коэффициент пористости, соответствующий влажности на границе текучести  $W_L$ ;  $e_L = W_L \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$ , где  $\gamma_s$  и  $\gamma_w$  — удельный вес соответственно грунта и воды  $H/m^3$ ;  $e$  — коэффициент пористости грунта природного сложения и влажности.

Просадочные грунты характеризуются показателем  $P$ , величина которого меньше

значений, приведенных ниже.

Число пластичности грунта			
$I_p$	$0,01 \leq I_p < 0,1$	$0,1 \leq I_p < 0,14$	$0,14 \leq I_p < 0,22$
Показатель $P$	0,1	0,17	0,24

Окончательная оценка просадочности грунтов производится по результатам их лабораторных испытаний в компрессионных приборах, а также полевых испытаний штампами после предварительного замачивания или при замачивании в опытных котлованах.

В зависимости от особенностей просадки грунтов от собственного веса их подразделяют на два типа. К I типу относят грунты, просадка которых происходит в основном в пределах деформируемой зоны основания от нагрузки фундаментов или от другой внешней нагрузки  $S_{пр}$ , а просадка от собственного веса грунта  $S_{пр.гр}$  практически отсутствует или не превышает 5 см. К II типу относят грунты, просадка которых происходит от веса вышележащего грунта в нижней части просадочной толщи, а при наличии внешней нагрузки, кроме того, — и в верхней ее части в пределах деформируемой зоны.

Тип грунтовых условий по просадочности при лабораторных исследованиях устанавливают исходя из значений относительной просадочности  $\delta_{пр}$ , или начального просадочного давления  $p_{пр}$ .

Относительная просадочность грунта

$$\delta_{пр} = \frac{h' - h_{пр}}{h_0}$$

где  $h'$  — высота образца грунта природной влажности, обжатого без бокового расширения давлением  $p$ , которое равно давлению от собственного веса грунта на заданной глубине и от нагрузки фундамента  $S_{пр}$  или только от веса грунта  $S_{пр,гр}$ , мм;  $h_{пр}$  — высота того же образца грунта после его замачивания до полного водонасыщения при сохранении давления  $p$ , мм;  $h_0$  — высота того же образца грунта природной влажности, обжатого без бокового расширения давлением, равным давлению от собственного веса грунта на заданной глубине, м.

За начальное просадочное давление  $p_{пр}$  принимают:

при лабораторных испытаниях грунтов в компрессионных приборах — давление, при котором относительная просадочность  $\delta_{пр}=0,01$ ; при полевых испытаниях штампами предварительно замоченных грунтов — давление, равное пределу пропорциональной зависимости осадки штампа от нагрузки;

при замачивании грунтов в опытных котлованах — природное (бытовое) давление на глубине, начиная с которой происходит просадка грунта от его собственного веса.

### IX.23.2. ПОДГОТОВКА ОСНОВАНИЙ, СЛОЖЕННЫХ ПРОСАДОЧНЫМИ ГРУНТАМИ

При замачивании оснований, сложенных просадочными грунтами, устойчивость и эксплуатационная надежность зданий и сооружений обеспечивается мероприятиями, направленными на устранение просадочных свойств грунтов, водозащитными и конструктивными мероприятиями:

в пределах деформируемой зоны или ее части — уплотнением тяжелыми трамбовками, устройством грунтовых подушек, вытрамбовкой котлованов, уплотнением подводными взрывами, химическим или термическим закреплением;

в пределах всей просадочной толщи — глубинным уплотнением грунтовыми сваями, предварительным замачиванием нижних слоев просадочных грунтов, в том числе и глубинными взрывами, химическим или термическим закреплением;

прорезкой просадочных грунтов основания фундаментами из забивных, набивных, буронабивных и др. свай, а также применением столбов или лент из грунта, закрепленного химическим, термическим или др. способами, либо заглублением фундаментов;

вертикальной планировкой участка застройки, качественным заполнением пазух котлованов и траншей, устройством водоаккумулирующих сооружений и водонесущих коммуникаций, исключающим утечки воды;

повышением прочности и общей пространственной жесткости зданий и сооружений, увеличением их податливости с помощью гибких или разрезных конструкций, устройством приспособлений для выравнивания конструкций, а также применением методов, обеспечивающих нормальную работу оборудования при деформациях оснований.

## Глава 24. ИНЖЕНЕРНАЯ ПОДГОТОВКА ТЕРРИТОРИЙ, СЛОЖЕННЫХ ЗАТОРФОВАННЫМИ ГРУНТАМИ И ИЛАМИ

### IX.24.1. ВИДЫ ЗАТОРФОВАННЫХ ГРУНТОВ И ИЛОВ

В зависимости от относительного содержания растительных остатков и гумуса — степени заторфованности  $q$  — заторфованные грунты подразделяют на три группы:

1. Грунты с примесью растительных остатков
  - Песчаные . . . . .  $0,03 < q \leq 0,10$
  - Глинистые . . . . .  $0,05 < q \leq 0,10$
2. Заторфованные
  - Слабозаторфованные . . . . .  $0,10 < q \leq 0,25$
  - Среднезаторфованные . . . . .  $0,25 < q \leq 0,40$
  - Сильнозаторфованные . . . . .  $0,40 < q \leq 0,60$
3. Торфы . . . . .  $q > 0,60$

Степень заторфованности  $q$  определяют как отношение веса растительных остатков и гумуса в образце грунта, высушенного при температуре 100—105 °С, к весу его минеральной части.

Виды песчаных (пески гравелистые, крупные, средней крупности, мелкие, пылеватые) и глинистых (супесь, суглинок, глина) заторфованных грунтов определяют по минеральной части после удаления растительных остатков в соответствии с общепринятой номенклатурой грунтов.

Заторфованные грунты и торфы различают по степени разложения  $R_p$  их органических веществ на три категории: мало- ( $R_p \leq 20\%$ ); средне- ( $20\% < R_p \leq 30\%$ ) и сильноразложившиеся ( $R_p > 30\%$ ).

Степень разложения органических веществ заторфованных грунтов — это отношение содержания гуминовых веществ к общему количеству органических веществ в грунте. Содержание гуминовых веществ определяют по ГОСТ 23740-79.

Илы — глинистые грунты, в начальной стадии своего формирования образующиеся как структурный осадок в воде под влиянием микробиологических процессов и имеющие в природном сложении влажность, которая больше влажности на границе текучести, и коэффициент пористости, превышающий значения, указанные ниже:

Виды минеральных илов	Коэффициент пористости $e$
Супесчаный . . . . .	$e \geq 0,9$
Суглинистый . . . . .	$e \geq 1,0$
Глинистый . . . . .	$e \geq 1,5$

Минеральные илы имеют в своем составе до 10% гумуса. Органические илы содержат различное количество гумуса:

Виды органических илов	Относительное содержание гумуса
Минерализованные . . . . .	0,10—0,30
Органоинеральные . . . . .	0,31—0,50
Минерально-органические . . . . .	0,51—0,70
Органические . . . . .	0,71—0,90

Коэффициент пористости сапропелей возрастает с увеличением содержания гумуса от 3 до 30 единиц.

### IX.24.2. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

При проектировании зданий и сооружений на территориях, сложенных заторфованными грунтами и илами, необходимо учитывать специфические особенности таких грунтов: водонасыщенность, агрессивность грунтовых вод, большую сжимаемость, медленное протекание осадок во времени, существенную изменчивость и анизотропию прочностных, деформационных, фильтрационных и реологических характеристик при воздействии нагрузок, а также значительную тиксотропность илов, вызывающую временное их разжижение в период динамического воздействия.

Инженерно-геологические исследования оснований, сложенных слабыми грунтами, проводятся с учетом конструктивных и эксплуатационных особенностей зданий и сооружений. В результате этих исследований должны быть получены данные, позволяющие установить:

вид и объем инженерных мероприятий по подготовке площадки строительства и прилегающей территории;

дополнительные мероприятия при производстве работ по предпроектному уплотнению грунтов оснований;

тип оснований и конструкций фундаментов, обеспечивающих эксплуатационную надежность строящихся зданий и сооружений, с учетом возможных последующих изменений естественных условий и свойств слабых грунтов.

Кроме того, в результате инженерно-геологических исследований должны быть получены данные, характеризующие:

мощность и основные физико-механические свойства слабых грунтов (плотность и удельный вес, естественная влажность при полной влагоемкости, коэффициент

фильтрации, сопротивление сдвигу, угол внутреннего трения и сцепление в условиях природного напряженного состояния, модуль деформации и коэффициент консолидации);

геологическое строение и литологический состав подстилающих грунтов, относительное содержание растительных остатков и степень их разложения;

положение уровня грунтовых вод и степень их агрессивности по отношению к бетону;

**IX.24.1. Ориентировочная стоимость инженерной подготовки 1 га заболоченных территорий, тыс. р.**

Метод подготовки	Глубина болот, м		
	2	4	6
Выторфовка с засыпкой минерального грунта	70	140	210
Пригрузка песчаным слоем	56	75	94
Осушение дренажем при расстоянии между дренами, м:			
25	48	72	96
50	24	36	48

анизотропию грунтов, в том числе природную ориентацию к вертикали каждого отобранного образца и направление механического процесса испытания по отношению к этой оси. Анизотропию слабых грунтов можно не учитывать, если их свойства в горизонтальном направлении имеют показатели, отличающиеся не более чем на 40% от соответствующих показателей свойств грунтов в вертикальном направлении.

Величины, характеризующие зависимость деформируемости, прочности и анизотропии слабых грунтов от давлений, а также реологических процессов при изменениях напряженного состояния грунтов, определяют при одноосном сжатии образцов в условиях отсутствия бокового расширения (при одометрических испытаниях).

При инженерно-геологических исследованиях илов не допускается применять методы динамического воздействия на грунт. Рекомендуется применять метод статического зондирования с использованием прессиометров, приборов вращательного среза и т. п.

Инженерная подготовка оснований зданий и сооружений, сложенных заторфованными грунтами, включает следующие мероприятия, направленные на уменьшение деформаций оснований:

частичную или полную срезку (выторфовку) заторфованного грунта с последующей планировкой площади местным (незаторфованным) грунтом или устройством песчаной либо гравийной подушки;

прорезку (полную или частичную) слоя заторфованного грунта фундаментами, в том числе свайными;

предварительное уплотнение (намыв или отсыпка временной или постоянной насыпи, создание массивной пригрузки с фильтрующим слоем, дренажными прорезями или скважинами, временное или постоянное водопонижение территории) территории, подлежащей застройке если естественные основания не удовлетворяют расчетным значениям, а применение свайных фундаментов неэффективно в технико-экономическом отношении;

устройство коридоров при прокладке широко развитой сети инженерных коммуникаций (замена слабого грунта минеральным в местах прокладки коммуникаций и уплотнение временной пригрузкой на прилегающей территории).

Выбор мероприятий производится на основе технико-экономического сравнения их вариантов с учетом толщины слоев и свойств заторфованного, подстилающего и покрывающего грунтов, фактора времени, необходимого для консолидации основания, а также стоимости мероприятий (табл. IX.24.1).

К мероприятиям по инженерной подготовке оснований, сложенных илами, которые служат дном водоема, относят:

пригрузку поверхности ила намывом слоя песка, обеспечивающего обжатие и уплотнение ила под нагрузкой от веса песка и впоследствии от здания или сооружения, либо устройством каменной наброски;

замену ила грунтом с лучшими строительными свойствами; прорезку слоя ила сваями.

Уплотнение многослойных оснований, представленных слоем илов, заключенных между глинистыми или песчаными грунтами, осуществляется методами, аналогичными требуемым для уплотнения заторфованных грунтов.

## Раздел X. ЗАЩИТА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ ОТ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ

### Глава 25. ГРАДОСТРОИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СЕЛЕОПАСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

#### X.25.1. ВИДЫ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ, УСЛОВИЯ ИХ ОБРАЗОВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕР ЗАЩИТЫ

Сели относятся к группе склоновых геолого-гидродинамических процессов, характерных для горного ландшафта. Селевой поток содержит от 10 до 70% продуктов обломочного материала горных пород.

В зависимости от соотношения количеств воды и твердого материала в сформированных селевых потоках их подразделяют по структурно-реологическим признакам на связанные и несвязные.

В связанном селевом потоке свободной воды нет, твердая фаза переносится вместе с жидкой благодаря гравитации. Плотность связанного селевого потока колеблется в пределах 1,4—2,2 т/м<sup>3</sup>.

В несвязном селевом потоке основные массы воды, не связанные грунтовыми частицами, являются транспортирующей средой для твердой фазы потока, перенося ее, отлагая и вновь вовлекая в движение при соответствующих изменениях русловых условий. Плотность несвязного селевого потока достигает 1,2—1,5 т/м<sup>3</sup>.

В зависимости от литологии горных пород, образующих твердый сток, сели могут быть грязе- или водокаменными, водопесчаными, водопылеватыми и смешанными. В большинстве горных селеопасных районов формируются грязекаменные сели, твердая фаза которых состоит из глинистых, пылеватых, песчаных и крупнообломочных фракций.

Места зарождения селей в пределах водосборных бассейнов (селеобразующие очаги) по генетическим признакам подразделяют на очаги обводнения и взаимодействия. Очаги обводнения формируют селевые потоки в результате повышенной фильтрации в рыхло-обломочных горных породах. Очаги взаимодействия формируют грязекаменные потоки при взаимодействии водного потока с селевыми отложениями, образующимися в результате выветривания горных пород под влиянием климатических условий, тектонических, геодинамических процессов и др. факторов.

Различают три типа процессов формирования селевых потоков: сдвиговый, транспортный и транспортно-сдвиговый.

Площадь водосборного бассейна селевых потоков по сравнению с реками равнин невелика (от 5 до 150 км<sup>2</sup>). Она условно может быть разделена на три зоны: область питания, зону транзита и зону селевых выносов, или конус выноса.

Структура и интенсивность селей определяется гидрологическими, климатическими, геоморфологическими, структурно-геологическими и литологическими условиями. Геоморфологические условия являются определяющими при установлении размеров и форм (симметричная или несимметричная) водосборных бассейнов, их высотного положения, уклонов поверхности рельефа и строения долин горных рек и водотоков.

В возникновении селей немаловажную роль играет хозяйственная деятельность населения (вырубка леса, разработка пород, выпас скота, распашка склонов и т. д.), вызывающая нарушение естественного природного равновесия на водосборах.

Сели возникают, как правило, внезапно и могут нести расход от 500 до 2000 м<sup>3</sup>/с. Селевой поток действует обычно не более 4—6 часов, но при этом он может выносить до 20 тыс. м<sup>3</sup> селевой массы с 1 км<sup>2</sup> площади бассейна.

По степени селеносности бассейны рек подразделяют на весьма селеносные — с выносом до 25 тыс. м<sup>3</sup> с 1 км<sup>2</sup> площади бассейна, средне- и слабо-селеносные — с

выносом соответственно до 10 и 5 тыс. м<sup>3</sup> твердого стока. В зависимости от количества выносимого за один сель твердого стока они могут быть разделены по степени опасности на три типа: I — более 1, II — от 0,5 до 1 и III — до 0,5 млн. м<sup>3</sup> твердого стока.

Противоселевые мероприятия разрабатывают на основе детального обследования территории, включающего:

- геодезические работы;
- геолого-геоморфологические исследования бассейна и отложений конусов выноса;
- почво-эрозийные исследования на склонах селевого бассейна;
- гидрогеологические изыскания с целью определения границ залегания грунтовых вод и возможных максимальных расходов селевых потоков;
- сбор всех необходимых данных о климате селеопасного района, осадках, температуре и т. д.;
- гидролесомелiorативные работы для изучения видов растительных пород, густоты посадок, возможности организации новых лесных посадок.

### Х.25.2. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ

Основные расчетные характеристики селевых потоков — расход, объем и скорость течения.

Для решения практических задач, связанных с выбором защитных средств от воздействия селевых потоков, применяют метод расчета параметров селей по оставленным следам, или меткам, на местности после прохождения максимального селевого паводка. Для этого анализируют необходимые архивные данные и обследуют трассу селевого потока.

Если в процессе изысканий были установлены метки прошедшего высокого селя в расчетном створе, то по поперечному профилю створа, продольному уклону поверхности селевого потока и плотности селевой массы определяют расход такого селя по формуле

$$Q = \omega v_{cp}, \quad (X.25.1)$$

где  $\omega$  — площадь живого сечения русла, м<sup>2</sup>;  $v_{cp}$  — средняя скорость потока, м/с;

$$v_{cp} = 1,14 \sqrt{h_{cp}} \sqrt{I W_{от}}, \quad (X.25.2)$$

где  $h_{cp}$  — средняя глубина живого сечения в основном русле, м;  $I$  — средний уклон русла;  $W_{от} = 1 - \frac{s_{от}}{s_{пт}}$  — коэффициент текучести селевой массы.

Для пиковой фазы потока значение  $W_{от}$  не должно превышать 0,050, а для всего селевого потока — 0,085. При этом объемная доля твердой фазы  $s_0 \leq 0,95 s_{пт}$  (ее предельной объемной доли, при которой селевая масса теряет свойства текучести).

Если расчетный створ расположен в зоне резкого сужения долины либо в зоне увеличивающегося вниз по течению продольного уклона, или в зоне возрастающих русловых сопротивлений, скорость такого селевого потока находят по формуле

$$v_{cp} = 3,14 \sqrt{\frac{h_{cp}}{a_c}}, \quad (X.25.3)$$

где  $a_c$  — коэффициент, определяемый в зависимости от коэффициента Шези  $C$  по графику (рис. X.25.1).

При наличии в твердой фазе селевого потока 7—10% глинистых фракций ( $d < 0,002$  мм) и превышении объемной концентрации значения 0,85  $s_{пт}$  может возникнуть ламинарный поток.

В этом случае скорость потока

$$v_{cp} = 0,001 h_{cp}^2 I < 2,78 \sqrt{h_{cp}}. \quad (X.25.4)$$

Если створ расположен на криволинейном участке,

$$v_{cp} = k_v \Delta h_R^{0,56} \frac{1}{(h_{cp} I)^{1/16}}. \quad (X.25.5)$$

где  $k_v$  — коэффициент, зависящий от отношения среднего радиуса поворота русла  $R_0$  к ширине потока  $B$ , принимается по данным, приведенным ниже:

$R_0/B$	2	3	4
$k_v$	3,27	4,15	4,85

$\Delta h_R$  — превышение уровня потока на вогнутом берегу над уровнем у выпуклого берега, м.

Условная ширина  $B$  селевого потока по верху при расчетном расходе  $Q_{cp}$  определяется по формуле

$$B = \frac{7,1 Q_{cp}^{0,40} W_{от}^{0,007}}{I^{0,23}}. \quad (X.25.6)$$

При отсутствии исходных данных для определения параметров селей дождевого происхождения расчетные характеристики заданной вероятности ежегодного превышения отождествляют с вероятностью превышения дождевого паводка, сформировавшего сель. Кроме того, для указанной вероятности превышения необходимо определить возможный среднегодовой сток наносов с селевого бассейна.

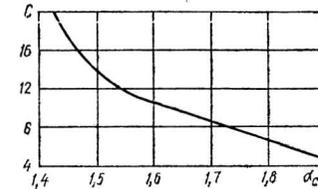


Рис. X.25.1. График зависимости  $a_c = f(C)$ .

Для определения расчетных характеристик селей используются следующие материалы:

план бассейна в масштабе 1 : 10 000—1 : 25 000, на котором должны быть нанесены гидрографическая сеть, отметки истоков и устья главного русла и основных притоков, местоположения оврагов, ледников, контурплощадей зеленых насаждений; инженерно-геологическая карта с выделенными на ней зонами распространения рыхлых, слабоцементированных отложений с обвальными, оползневыми и осыпными участками;

кривые гранулометрического состава грунтов потенциального селевого массива и отложений в руслах.

На основании указанных материалов определяют: площадь водосбора до расчетного створа  $F$ , км<sup>2</sup>, длину основного водотока до этого створа  $Z$ , км, средний уклон водотока в пределах расчетного участка  $I$ , ‰, а также продольный и поперечный профили водотока.

На участке, имеющем ширину не менее пятикратной ширины потока при уровне высоких вод, должно быть не менее трех поперечных профилей.

### Х.25.1. Значения модуля максимального дождевого стока (СН 435-72)

Бассейновое время добега-ния $t$	Районы I группы	Районы II группы	Бассейновое время добега-ния $t$	Районы I группы	Районы II группы
0,10	14,4	25,0	6,0	1,39	2,84
0,20	10,5	18,5	8,0	1,04	2,28
0,50	6,49	12,0	10,0	0,88	1,91
1,0	4,16	8,30	12,0	0,76	1,64
2,0	2,81	5,78	16,0	0,60	1,28
3,0	2,15	4,53	20,0	0,50	1,05
4,0	1,76	3,76	25,0	0,42	0,85
5,0	1,49	3,23	30,0	0,36	0,72

Примечание. Районы I группы: Восточное Закавказье (без Ленкорани), Средняя Азия, Южный Казахстан. Районы II группы: Черноморское побережье Кавказа, высокогорные и горные районы Северного Кавказа, Ленкорань, Карпаты, Закарпатье, Молдавия, Южный берег Крыма, Приморье.

Максимальный расход селевого паводка, м<sup>3</sup>/с, сформированного дождевыми осадками, с вероятностью превышения P, % (ВСН 03-76),

$$Q = q_{1\%} m_a \lambda'_p \left( \frac{1}{W_{от}} \right)^{1,08} F, \quad (X.25.7)$$

где  $q_{1\%}$  — модуль максимального дождевого стока с вероятностью превышения  $P = 1\%$ , м<sup>3</sup>/с·км<sup>2</sup>, определяют по табл. X.25.1 в зависимости от бассейнового времени добегания  $\tau$  и группы гидрологического района, в котором расположен водосбор;  $m_a$  — коэффициент, зависящий от группы гидрологического района расположения

#### X.25.2. Значения переходного коэффициента $\lambda'_p$ (СН 435-72)

Группа районов*	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Обеспеченность** P, %				
		0,01	0,1	3	5	10
I	1—100	4,6—4,0	2,4—2,2	0,58—0,63	0,43—0,50	0,27—0,33
	Свыше 100—1000	4,0—3,6	2,2—2,0	0,63—0,66	0,50—0,52	0,33—0,37
II	1—100	4,0—3,2	2,2—1,9	0,63—0,69	0,49—0,57	0,33—0,42
	Свыше 100—1000	3,2—2,5	1,9—1,7	0,69—0,74	0,57—0,62	0,42—0,49

\* См. табл. X.25.1.

\*\* При 1%-ной обеспеченности  $\lambda'_p = 1,0$  для районов обеих групп.

водосбора;  $\lambda'_p$  — переходный коэффициент от селевого расхода обеспеченности P 1% к расходу другой обеспеченности (табл. X.25.2).

$$\text{Для районов I группы } m_a = \frac{H_{1\%}}{110}; \quad (X.25.8)$$

$$\text{для районов II группы } m_a = \frac{H_{1\%}}{250}, \quad (X.25.9)$$

где  $H_{1\%}$  — максимальное количество суточных осадков вероятностью P 1%, определяемое по СН 435-72.

Значения  $m_a$  не должны приниматься более 1,25 и менее 0,75. Бассейновое время добегания

$$\tau = \frac{L}{24^5 \sqrt{T}}, \quad (X.25.10)$$

где L — длина селевого русла по основному тальвегу от водораздела до расчетного створа, км.

Объем селевого паводка (твердая и жидкая фазы), соответствующий максимальному селевому расходу,

$$W_{cp} = W_{вр} \psi_w, \quad (X.25.11)$$

где  $W_{вр}$  — объем жидкого стока, определяемый по СН 435-72, м<sup>3</sup>;  $\psi_w$  — коэффициент селенасыщенности, осредненный по расчетной волне селевого паводка.

Значение коэффициента селенасыщенности вычисляют по формулам:

а) если задана средняя для волны селевого паводка объемная концентрация твердого материала в селевой массе s;

$$\psi_w = \frac{1}{1 - \frac{s}{s_{пт}}}; \quad (X.25.12)$$

б) если заданы параметры  $\eta$  и C, характеризующие селеносность и устойчивость русла,

$$\psi_w = \frac{1}{1 - 1,065 s_{пт}^{0,25} (\eta C)^{1,25}}; \quad (X.25.13)$$

в) если задан переходной коэффициент от максимального водного к максимальному селевому расходу  $\psi_Q$ ,

$$\psi_w = \frac{1}{1 - 1,065 s_{пт}^{0,25} \left( 1 - \frac{1Q}{\psi_Q} \right)^{1,25}}, \quad (X.25.14)$$

где  $\bar{s} = 1,065 \cdot s^{1,25}$  (s — объемная доля твердого материала в селевой массе на пиковой фазе паводка);

$$s = s_{пт} \eta C; \quad (X.25.15)$$

$$\eta C \leq 0,95 \quad (X.25.16)$$

Полный среднегодовой сток определяют по данным натурных топографических съемок путем сопоставления планов конуса выноса в горизонталях, заснятых в различные годы и приведенных к одной и той же системе высотных отметок.

При отсутствии данных топографических съемок конусов выноса объем среднегодового твердого стока вычисляют по формуле

$$\bar{W}_T = k_T W_{T2\%}, \quad (X.25.17)$$

где  $W_{T2\%}$  — объем твердого стока в плотном теле селевого потока с вероятностью превышения  $P = 2\%$ , м<sup>3</sup>;  $k_T$  — коэффициент перехода от вероятности превышения 2% единичного паводка к среднему количеству паводков за год.

Среднее количество паводков в году	1	2	3
$k_T$	0,16	0,19	0,20

Для неизученных районов допускается определять величину среднегодового твердого стока в плотном теле с 1 км<sup>2</sup> площади водосбора по данным, приведенным ниже:

Бассейны	Среднегодовой твердый сток с 1 км <sup>2</sup> площади водосбора, тыс. м <sup>3</sup>
Весьма сильноэродированные с катастрофической селевой деятельностью	До 3,6
Сильноэродированные с интенсивной селевой деятельностью	1,8—2,0
Среднеэродированные	0,9—1,2

#### X.25.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК НА СООРУЖЕНИЯ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ

Расчеты на прочность и устойчивость поперечных сооружений осуществляют для двух сочетаний действующих на них нагрузок: основного и особого.

К основным нагрузкам относятся:

гидростатическое давление отложившихся ранее наносов и воды при нормальном подпорном уровне верхнего объекта;

гидродинамическое давление селея при пропуске расчетных расходов; фильтрационное давление при уровне, соответствующем нормальным условиям работы сооружения;

собственный вес сооружения и находящихся на нем постоянных устройств.

Расчет на особое сочетание нагрузок рассматривается как проверочный, при котором возможно некоторое понижение коэффициента запаса.

При выполнении расчетов на особое сочетание нагрузок необходимо дополнительно учитывать: возможные сейсмические воздействия; давление ветра ураганной силы; давление катастрофических волн; временные нагрузки.

Расчетное сочетание нагрузок (наивыгоднейшие комбинации сил) устанавливают в соответствии с ожидаемыми схемами загрузки сооружений

и возможным одновременным их действием на сооружения. При этом следует исключать одновременное действие редко повторяющихся и очень кратковременных нагрузок.

В зависимости от условий формирования и характера селевого потока возможны следующие принципиальные схемы его гидродинамического воздействия:

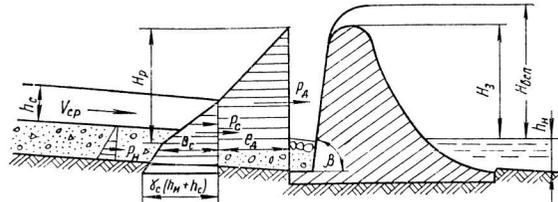


Рис. X.25.2. Схема нагрузок на преграду при незаполненном отстойнике.

селевой поток в виде волны движется к преграде при незаполненном отстойнике, находящемся перед преградой; селевой поток движения к преграде при наполненном отстойнике; селевой поток, наполнив отстойник, передвигается через преграду.

Горизонтальную составляющую полного давления селевого потока на 1 м длины преграды при незаполненном верхнем бьефе определяют из условий (рис. X.25.2):

$$p = p_c + p_d - \Delta p, \quad (X.25.18)$$

где  $p_c$  и  $p_d$  — горизонтальные составляющие соответственно гидростатического и гидродинамического давлений, Па;  $\Delta p$  — давление для случая, когда угол между осью сооружения и вектором скорости селевого потока не соответствует  $90^\circ$  (при  $90^\circ \Delta p = 0$ );

$$p_c = \frac{\gamma_c h_c^2}{2}; \quad (X.25.19)$$

$$p_d = \frac{C_r \alpha_1 \gamma_c q_c^2}{g h_c}; \quad (X.25.20)$$

$$\Delta p = \frac{\alpha_2 \gamma_c q_c \cos \beta}{g} \sqrt{\frac{\alpha_1 q_c^2}{h_c^2} - 2g(H_p a - \varphi h_c)}, \quad (X.25.21)$$

где  $\varphi$  — коэффициент, учитывающий угол подхода селея к поперечной преграде;  $\varphi = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\beta_0}{2} \right)$ ;  $\gamma_c$  — плотность селея,  $\tau/\text{м}^3$ ;  $h_c$  — средняя глубина селея, м;  $C_r$  — ко-

эффициент сопротивления (при  $Re > 10^3$   $C_r = 12$ , при  $Re \leq 10^3$   $C_r = \frac{12}{\sqrt{Re}}$ , где  $Re$  — число Рейнольдса);  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  — коэффициенты, учитывающие скорости набегающего и обтекающего потоков;  $q_c$  — удельный расход,  $\text{м}^3/\text{с} \cdot \text{м}$ ;  $\beta$  — угол наклона верхней грани напорного откоса преграды к направлению движения, град;  $H_p$  — расчетная высота преграды, м;  $a = \frac{l}{\sin \beta}$ ;  $\beta_0 = 7,24 (\gamma_c - 1)^{5,82}$  (угол внутреннего трения селевой массы).

При отсутствии данных натурных исследований принимают:  $\varphi_0 = 0$ ,  $n = 1$ .

Высота максимального всплеска потока над точкой пересечения линий дна с верховой гранью преграды

$$H_{всп} = h_c + \frac{\alpha_1 q_c^2}{2g h_c^2}. \quad (X.25.22)$$

Ординаты эпюры давления определяют из соотношений:

$$e_c = \varphi \gamma_c h_c \quad \text{и} \quad e_d = \frac{2(p_d - \Delta p)}{H_p + h_c}. \quad (X.25.23)$$

Точки приложения горизонтальных составляющих давления находят в центрах тяжести эпюр (рис. X.25.3).

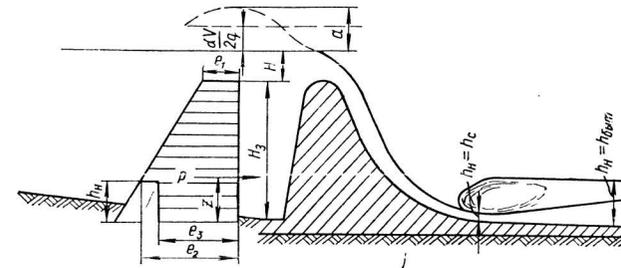


Рис. X.25.3. Размещение точек приложения горизонтальных составляющих давления при заполненном отстойнике.

Полное, нормальное к поверхности напорного откоса преграды, давление на 1 м длины преграды вычисляют по формуле

$$p = p \operatorname{cosec} \beta. \quad (X.25.24)$$

Вертикальная составляющая полного давления на 1 м длины преграды

$$p_b = p \operatorname{ctg} \beta. \quad (X.25.25)$$

Нормальное давление на дно у преграды на 1 м длины преграды

$$p_d = (p_c + p_d) \operatorname{ctg} \beta + \frac{\alpha_2 \gamma_c q_c}{g \sin \beta} \sqrt{\frac{\alpha_1 q_c^2}{h_c^2} - 2g(H_p a - h_c)}. \quad (X.25.26)$$

Величину селевых отложений определяют как для подпорных стен гидротехнических сооружений.

Пиковую гидродинамическую нагрузку находят по формуле

$$p_n = 0,46 \gamma_c v_{cp}^2. \quad (X.25.27)$$

Ордината этой нагрузки

$$e_n = \frac{0,92 \gamma_c v_{cp}^2}{H_p + h_c}. \quad (X.25.28)$$

При вступлении селевой волны в наполненное водохранилище горизонтальная составляющая полного давления на 1 м длины поперечного сооружения с учетом волны перемещения может быть рассчитана по формуле

$$P = \frac{\varphi \gamma_c}{2} [(H_n + 2H) H_n - h_n^2] + \frac{\alpha_1 \gamma_c q_c^2}{g \varphi} \left[ \frac{H_n}{(H_n + H + a)^2} - \frac{1}{h_n} \right], \quad (X.25.29)$$

В формулах (X.25.27) — (X.25.29)  $v_{cp}$  — средняя скорость потока перед преградой, м/с  $v_{cp} = \frac{q}{H_n + H + a}$ ;  $H$  — напор на водосливе, м;  $a$  — амплитуда подходящей

волны, м;  $h_n$  — глубина воды в нижнем бьефе, при отогнанном прыжке равная сжатой глубине, при затопленном — глубине за прыжком, которая соответствует бытовой, м.

Параметры потока на водосливе и в нижнем бьефе рассчитывают по известным формулам гидравлики.

Ордината эпюры давления на уровне гребня преграды

$$e_1 = \gamma_c \left[ \varphi H + \frac{\alpha q_c^2}{g (H_n + H + a)^2} \right]; \quad (X.25.30)$$

на уровне горизонта воды в нижнем бьефе

$$e_2 = e_3 + \frac{\alpha \gamma_c q_c^2}{g h_n^2}. \quad (X.25.31)$$

Ордината эпюры давления на уровне сопряжения откоса преграды с дном потока

$$e_3 = \gamma_c (H_n + H + a - h_n) \left[ \varphi - \frac{\alpha q_c (H_n + H + a + h_n)}{g (H_n + H + a)^2 h_n^2} \right]. \quad (X.25.32)$$

Точка приложения горизонтальной составляющей давления расположена на уровне

$$z = \frac{e_3 h_n + (e_1 + e_2) (H_n - h_n)}{e_1}. \quad (X.25.33)$$

Для расчета горизонтальной составляющей полного давления при воздействии селевого потока, переливающегося через сооружения после наполнения емкости перед преградой, используются зависимости (X.25.29) — (X.25.33), в которых напор на пороге водослива уменьшается на величину  $a$  — амплитуду подходящей волны.

При определении общей устойчивости нагрузка на сквозную селезадерживающую плотину приравнивается нагрузке на сплошную плотину тех же размеров.

Прочность отдельных элементов проверяется на нагрузку, передаваемую с площади  $l \times b$ , где  $l$  — длина элемента,  $b$  — расстояние между осями элементов.

Импульс ударной нагрузки от воздействия наиболее крупного камня, выносимого или влекомого потоком, рассчитывают по формуле

$$P_k = m_k v_{\max}; \quad (X.25.34)$$

где  $m_k$  — масса крупного камня, кг, равная

$$\frac{(\gamma_k - \gamma_c)}{g} v_k; \quad (X.25.35)$$

$v_k$  — объем камня, м<sup>3</sup>.

Силу удара камня в расчетной схеме необходимо прикладывать как сосредоточенную в точке, соответствующей наименее выгодному сочетанию нагрузок.

## Глава 26. ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ ОТ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ

### X.26.1. ОРГАНИЗАЦИОННО-ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

В целях защиты от селевых потоков и предупреждения их возникновения применяют комплексные методы, включающие профилактические склоновые мероприятия и гидротехнические сооружения, позволяющие уменьшить разрушающее воздействие сформированных селей на здания и сооружения.

Противоселевые сооружения проектируют на основе технико-экономического обоснования комплексных защитных мероприятий.

К профилактическим мероприятиям относятся: борьба с эрозией почвенного покрова и регулирование стока в пределах водосборного бассейна.

Для осуществления этих мероприятий проводят специальные агрофитолесомелиоративные, организационно-хозяйственные и мелиоративно-технические работы на склонах и в руслах рек.

Агротехнические, фито- и лесомелиоративные мероприятия предусматривают травянокультурные работы и облесение селеопасного водосбора. Выбор основных видов трав, состава древесных и кустарниковых пород зависит от физико-географических условий района. Из травянистых растений широко используют люцерну альпийскую, мятлик луговой, клевер ползучий и др., из древесных пород — сосну, дуб, бук, алычу и плодово-ягодные, из кустарниковых — терновник, шиповник, лох.

Для защиты лесных посадок от лавин в первые годы их роста устанавливают в шахматном порядке деревянные щиты облегченной конструкции.

Лесные посадки и др. агрофитомелиоративные мероприятия нельзя применять на участках выхода пород, на землях сельскохозяйственного назначения, где облесение противоречит интересам сельского хозяйства, на почвах, не пригодных для местных насаждений, и пр. Были случаи, когда селевые потоки формировались выше крошки лесов и тогда даже крупные деревья не могли воспрепятствовать движению селей.

Для предупреждения разрушения растительного покрова проводятся организационно-хозяйственные мероприятия, предусматривающие правильное использование горных пастбищ, ведение лесного хозяйства на современном научно-техническом уровне, а также проведение предупредительных расчисток русловых завалов и скоплений. Нельзя допускать разрушения покровной толщи склонов массовыми взрывами в период строительства, отвала отработанных горнорудных пород на крутых участках склонов и русел.

Мелиоративно-технические мероприятия направлены на регулирование стока на эрозонных склонах путем устройства водопонижающих траншей, нагорных канав, дренажей, ливнеотводов и перевода части поверхностного стока в подземный. При этом необходимо учитывать оползневую активность района, так как изменение режима грунтовых вод может вызывать активизацию оползневых процессов.

Разработка комплексных противоселевых мероприятий производится на основе результатов исследования механизма образования селей в данном районе, расчета параметров селевых потоков и анализа применимости различных методов инженерного воздействия на селевой процесс.

### X.26.2. УСТРОЙСТВО РЕГУЛИРУЮЩИХ СООРУЖЕНИЙ НА СКЛОНАХ

Выбор местоположения и типов противоселевых сооружений производится на основании сравнения технико-экономических показателей их вариантов с учетом: природных условий;

наличия производственно-технических средств и необходимых строительных материалов; долговечности работы проектируемых сооружений;

возможности получения комплексного народнохозяйственного эффекта (природоохранного, водохозяйственного, рекреационного, транспортного и т. д.);

возможности восстановления защитной функции сооружений после прохождения селя (путем его очистки от наносов либо повышения подпорной отметки наращиванием гребня).

Важнейшим средством по предупреждению возникновения селевых потоков на склонах является их террасирование. Терраса представляет собой спланированный участок склона, состоящий из выемки (канавы) и вала, образованного из грунта выемки.

Расстояния между канавами террас можно определить по допустимой скорости в конце площадки стока шириной  $l$  по формуле А. Н. Костякова

$$v_l = m \sqrt{cl\varphi h},$$

где  $m$  — модуль, характеризующий изрезанность поверхности склона промоинами (в лесомелиоративной практике обычно принимается  $m=2$ );  $c$  — коэффициент, зависящий от уклона местности и шероховатости;  $c = (7 \sim 30\sqrt{I})$ ;  $l$  — расстояние между террасами по склону местности, м;  $\varphi$  — коэффициент стока;  $h$  — интенсивность дождя, м<sup>3</sup>/с.

Террасы следует располагать вдоль склона.

Если террасы поглощают сток полностью, вдоль склонов устраивают ливнеотводы, по которым вода поступает в поглощающие естественные или искусственные воронки и выемки, которые могут быть устроены взрывным способом. На крутых участках склонов устанавливают ливнепуски, укрепляемые камнем, быстротки или перепалы.

### X.26.3. УСТРОЙСТВО РЕГУЛИРУЮЩИХ СООРУЖЕНИЙ В РУСЛАХ

В состав селепропускных сооружений входят селепуски, селенаправляющие, селеотводящие, селеотбойные и селеукрепительные сооружения.

При проектировании селепропускных сооружений необходимо исходить из соблюдения бытового режима расчетного селевого потока.

Размеры селепропускных сооружений устанавливают исходя из расчетной ширины селевого потока, а также из его линейных размеров — глубины, ширины и подходного уклона. Уменьшение глубины селевого потока не допускается, так как это вызывает закупорку отверстия в сооружении (высота трубы должна быть больше высоты селевого потока). Если ширина селепропускного сооружения меньше расчетной ширины селевого потока, подход к нему должен быть оформлен селенаправляющими стенками, обеспечивающими плавное сопряжение селевого русла с пропускным сооружением. Уг-

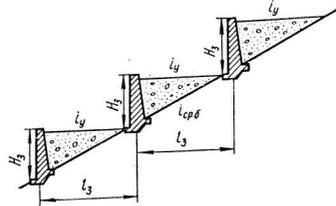


Рис. X.26.1. Устройство запруд в селетранспортующем русле.

лы, образованные сопрягающими сооружениями с продольной осью потока, не должны превышать 10—12°. Радиусы закруглений принимаются не менее 200—400 м. При этом нельзя допускать образования переломов, выступов и зазоров как в самих селепропускных сооружениях, так и при сопряжении их с направляющими сооружениями.

При необходимости устройства промежуточных опор у мостовых переходов через селевые русла их располагают на некотором расстоянии от стержневого сечения потока. Опоры должны иметь обтекаемые формы.

Уклон селепропускных сооружений должен быть равен или больше уклона подводящего селевого русла и обеспечивать транзит селевого потока.

Селепропускные сооружения относят к IV классу капитальности, при наличии населенных пунктов на защищаемой территории — к III классу. Класс капитальности селепусков и селебросов, входящих в состав селезадерживающих сооружений, соответствует классу капитальности этих сооружений.

Расчеты устойчивости и прочности селепропускных сооружений выполняются так же, как для обычных гидротехнических сооружений.

Стабилизирующие сооружения представляют собой каскад селезадерживающих сооружений, которые не только задерживают селевой поток, но и стабилизируют русло, превращая его из однородного крутого в прерывистый и пологий с устойчивыми уклонами участка. Запруды должны быть массивной конструкции, выдерживающими большие динамические нагрузки (рис. X.26.1).

Запруды размещают в продольном направлении транзита потока. Высоту запруд определяют на основании технико-экономических расчетов. Однако выше 5 м их строить не рекомендуется. Расстояния между сооружениями определяют исходя из гидравлических расчетов, предусматривающих получение устойчивого уклона на участке между запрудами.

Расстояния между запрудами

$$l_3 = \frac{H_3}{i_{cp.б} - i_y},$$

где  $H_3$  — высота запруды, м;  $i_{cp.б}$  — средний бытовой уклон на участке между запрудами;  $i_y$  — устойчивый неразмываемый уклон принимаемый равным (0,5—0,7)  $i_{cp.б}$ .

При уклонах, меньше критических ( $i_{кр}$ ), движение твердой фазы потока прекращается.

Значения критических уклонов при различных характеристиках селевого потока

Несвязные селевые потоки

Обломочный материал крупностью, м:

свыше 0,4—0,5	0,06—0,07
0,2—0,4	0,03—0,04
0,1—0,2	0,02—0,025

Галечниковые фракции крупностью 0,03—0,04 м . . . . . 0,01—0,015

Связные селевые потоки

Селевая масса расчетной вязкостью, Па·с:	
менее 2,0—2,5	0,05—0,06
свыше 2,0—2,5	0,03—0,04

Расстояние между запрудами  $l_3$  должно обеспечивать затухание движения потока на каждом межзапрудном участке после занесения верхних бьефов запруд. Оно должно быть больше длины инерционного пробега верхних обломков на величину, обеспечивающую равномерное и установившееся движение потока на определенном отрезке пути.

Минимальные расстояния между запрудами, удовлетворяющие изложенным выше требованиям, для различных русел приведены ниже:

Минимальные расстояния между запрудами, м

Мощные сели глубиной 2 м, транспортирующие обломки крупностью более 0,5—0,6 м при расчетном уклоне, м:	
$i_y < 0,05$	80—120
$i_y > 0,05$	60—80
Сели небольшой глубины, транспортирующие обломки крупностью не более 0,4—0,5 м и при расчетном уклоне, м:	
$i_y > 0,05$	50—60
$i_y < 0,05$	40—50
Сели, транспортирующие мелкие валуны	30—40

Запруды проектируют с водовыпусками сквозного типа или с отверстиями по всей высоте сооружения. В качестве запруд могут быть применены: бетонные подпорные стены, яжи из сборного железобетона или сетчатые металлические конструкции.

Допустимые радиусы кривизны  $R$  и величины центральных углов поворота излучин  $\varphi$  зависят от плотности селя  $\gamma_s$ :

$\gamma_s$ , т/м <sup>3</sup>	1,2	1,2—1,6	1,6
$R/B$	4—6	6—8	8
$\varphi$ , град	30—20	20—10	10

Селеукрепительные и селеотбойные сооружения, которые строят в виде береговой одежды, продольных дамб, подпорных стен из бетона, железобетона или местных строительных материалов, должны обеспечивать устойчивые параметры русел.

Расчет сооружений на прочность и устойчивость производится как для обычных гидротехнических сооружений.

Селезадерживающие сооружения плотинного типа подразделяют на глухие, водосливные и сквозные. К плотинам селеохранилищ не предъявляются требования по удержанию воды в верхнем бьефе, поэтому для этих сооружений специальных противофильтрационных мероприятий предусматривать не следует. Их прочность и устойчивость должны быть проверены расчетом в случаях, предусмотренных СНиП II-57-75 для гидротехнических сооружений.

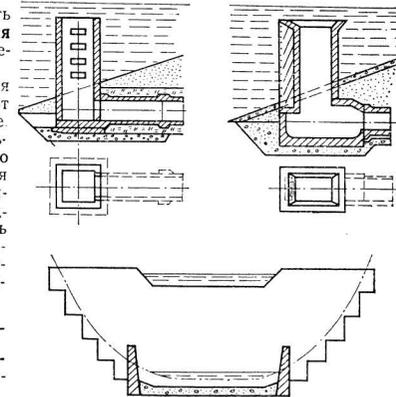


Рис. X.26.2. Типы водовыпусков и водобросов селезадерживающих и селерегулирующих сооружений.

Запас гребня глухих плотин над нормальным подпорным горизонтом принимается равным 1, над форсированным — 0,5 м. В глухих плотинах для сброса воды в нижний бьеф оборудуют специальные водосбросы: поверхностные и донные без затворов. Конструкции откосов, гребня и рисбермы водосливных плотин должны обеспечивать их прочность и устойчивость при свободном переливе через них селей и дождевых паводков расчетной обеспеченности.

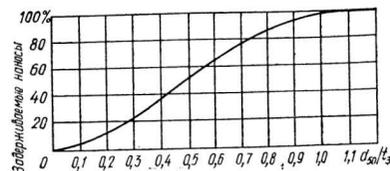


Рис. X.26.3. График для расчета селеуловителей:

$d_{50}$  — средняя крупность транспортируемых наносов;  $t_v$  — средний вертикальный размер отверстий в плотине.

Сквозные плотины служат для снижения разрушительного действия селевых потоков, уменьшения их расходов и задержания наиболее крупных фракций твердой фазы селея.

Водосбросы и водовыпуски предназначены для автоматического полного опорожнения селехранилища от жидкой фракции селей и пропуска дождевых паводков.

Объем селехранилища определяется по формуле

$$W = W_{тв,ф} + W_{в,р\%},$$

где  $W_{тв,ф}$  — объем твердой фазы селея, тыс. м<sup>3</sup>;  $W_{в,р\%}$  — объем трансформированного паводка, тыс. м<sup>3</sup>;

$$W_{тв,ф} = kW_{т,р\%} + W_m N.$$

Здесь  $k$  — коэффициент запаса, равный 2;  $W_{т,р\%}$  — объем твердой составляющей селея расчетной обеспеченности, м<sup>3</sup>;  $W_m$  — среднегодовое количество отложений, м<sup>3</sup>;  $N$  — срок службы селехранилища, годы.

Суммарный максимальный расход определяют с учетом возможного влияния его на нижерасположенные объекты.

Конструкции отдельных типов водосбросов и водовыпусков для селезадерживающих сооружений показаны на рис. X.26.2.

Гидравлический расчет сквозных селезадерживающих плотин сводится к определению вертикальных размеров отверстий, обеспечивающих задержание заданной крупности фракций твердой фазы селея (рис. X.26.3).

Размеры селетранспортных сооружений для несквозных селевых потоков устанавливают с учетом ширины потока, которая должна составлять не менее 0,5—0,3 ширины устойчивого селевого русла. Размеры переходных участков сооружений зависят от угла наклона струенаправляющих стен к динамической оси потока ( $\alpha \leq 12^\circ$ ).

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### АВТОРСКИЙ НАДЗОР ЗА СТРОИТЕЛЬСТВОМ ПРЕДПРИЯТИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

В целях обеспечения максимального соответствия технических решений и технико-экономических показателей строительных объектов, вводимых в эксплуатацию, решениям и показателям, предусмотренным в проектах, проектными организациями производится авторский надзор. В соответствии с Положением об авторском надзоре\*, утвержденным постановлением Госстроя СССР № 228 от 12 декабря 1973 г., определены задачи, обязанности и права проектных организаций по авторскому надзору за строительством новых, реконструкцией или расширением действующих предприятий, зданий и сооружений.

Авторский надзор осуществляется за строительством зданий и сооружений жилищно-гражданского и коммунального назначения при сметной стоимости строительства свыше 200 тыс. р., а также объектов меньшей стоимости, если в них применены новые строительные конструкции, материалы или технологические процессы, на протяжении всего периода строительства и приемки в эксплуатацию законченных объектов.

Авторский надзор способствует повышению ответственности проектных, строительного-монтажных организаций и заказчика за обеспечение высокого качества вводимых в эксплуатацию зданий и сооружений, а также соответствие их сметной стоимости.

Авторский надзор осуществляется разработчиками проектов, специальными подразделениями проектных организаций и отдельными специалистами, назначаемыми приказами по проектным организациям, совместно с заказчиками, регламентирующими количество посещений и состав лиц, а также устанавливающими смету затрат.

Авторский надзор включает:

- проверку соответствия выполненных строительных работ проектным решениям, предусмотренным в рабочих чертежах, и утвержденной сметной стоимости;
- контроль за соблюдением проектной технологии, качества производства строительного-монтажных работ, требований пожаро- и взрывобезопасности;
- рассмотрение вопросов и предложений по снижению сметной стоимости, улучшению качества, совершенствованию технологии производства работ, сокращению сроков строительства;
- выявление отступлений от проекта и нарушений требований СНиП и ТУ по производству работ;
- установление сроков устранения дефектов с учетом своевременного и качественного контроля за производством работ, вплоть до их приостановки при серьезных нарушениях.

Все замечания по авторскому надзору фиксируются в специальном журнале, один экземпляр которого находится в генподрядной строительного-монтажной организации, второй — у главного инженера проекта. Журнал предъявляется рабочей комиссии при сдаче объекта в эксплуатацию и после окончания ее работы хранится у заказчика.

При несвоевременном или некачественном выполнении указаний по устранению выявленных дефектов в журнал повторно вносятся соответствующие записи, о чем письменно сообщается вышестоящим организациям, которым непосредственно под-

\* См. Положение об авторском надзоре проектных организаций за строительством предприятий, зданий и сооружений / Госстрой СССР. — М.: Стройиздат, 1974. — 13 с.

чинены генеральный подрядчик и заказчик, а также органам, осуществляющим контроль за строительством.

Задачами авторского надзора являются:  
— участие в приемке техническим надзором заказчика отдельных ответственных конструкций по мере их готовности в процессе строительства объекта и составление акта промежуточной приемки этих конструкций (опор и пролетных строений мостов, арок, сводов, подпорных стен, несущих металлических и сборных железобетонных элементов);

— участие в приемке заказчиком и в составлении актов освидетельствования основных работ, «скрываемых» последующими работами и конструкциями, от качества выполнения которых зависят прочность и устойчивость возводимых зданий и сооружений (забивка пробных свай, приемка свайных полей, арматуры ростверков, дренажных обсыпок, оснований и пр.);

— проверка соответствия паспортов (сертификатов) и др. технической документации на конструкции, детали, строительные материалы и оборудование государственным стандартам и проекту.

#### Журнал авторского надзора

Наименование строительства предприятия, здания, сооружения. Объект строительства  
Адрес строительства:

Журнал начат \_\_\_\_\_ 19\_\_ г. Журнал окончен \_\_\_\_\_ 19\_\_ г.

Полная сметная стоимость строительства объекта \_\_\_\_\_

Заказчик и его адрес: \_\_\_\_\_

Генеральный подрядчик \_\_\_\_\_

Субподрядчики — исполнители отдельных видов работ:

1) \_\_\_\_\_  
(наименование работ, строительной-монтажной организация)

2) \_\_\_\_\_

#### Акт на скрытые работы № ... (по перечню)

г. \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 198\_\_ г.

Представители: Авторского надзора \_\_\_\_\_

Технического надзора заказчика \_\_\_\_\_

Подрядной организации \_\_\_\_\_

Произвели осмотр выполненных работ по устройству \_\_\_\_\_  
(наименование

вида работ) \_\_\_\_\_ в здании \_\_\_\_\_  
(наименование объекта)

\_\_\_\_\_ по адресу: \_\_\_\_\_

(район застройки, квартал, улица, № дома и корпуса)

При этом установлено:

1. \_\_\_\_\_  
(описание выполненной конструкции)

2. Выполненные работы соответствуют рабочим чертежам проекта серии \_\_\_\_\_

№ . . . . .

3. При выполнении работ применены материалы \_\_\_\_\_  
(наименование, характеристика)

#### 4. Оценка качества выполненных работ

Разрешается производство последующих работ \_\_\_\_\_

Представители Авторского надзора \_\_\_\_\_

Технического надзора заказчика \_\_\_\_\_

Подрядной организации \_\_\_\_\_  
(подписи)

Авторский надзор выполняется по договору, заключенному заказчиком с проектной организацией — генеральным проектировщиком на весь период строительства. К договору прилагаются план-график и смета затрат. Общая сумма затрат на осуществление авторского надзора не должна превышать размеров затрат, установленных в сводной смете на строительство.

При продолжительности строительства объекта более года помимо договора на осуществление авторского надзора на каждый год строительства (кроме первого) сторонами заключаются дополнительные соглашения, в которых уточняются перечни объектов, за строительством которых в планируемом году должен осуществляться авторский надзор, с указанием сроков его проведения и размеров затрат на годовой объем работ.

Расчет с заказчиком за проведение авторского надзора производится по фактически затраченному времени на его осуществление в пределах затрат, предусмотренных сметой на данный год.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абен Х. К. Об учете ценности городской территории.— В кн.: Помощь проектировщику-градостроителю. Пробл. экономики градостр-ва. Киев: Будівельник, 1974, с. 7—18.
2. Абрамоз С. К. Подземные дренажи в промышленном и городском строительстве.— М.: Стройиздат, 1973 — 280 с.
3. Бакутис В. Э., Бутягин В. А., Луцк А. Б. Инженерное благоустройство городских территорий.— М.: Стройиздат, 1971.— 224 с.
4. Бегам Л. Г., Алтунин В. С., Цыпин В. И. Регулирование водных потоков при проектировании дорог / Под ред. Л. Г. Бегам.— М.: Транспорт, 1977.— 304 с.
5. Билеуш А. Л., Максимчук В. Л., Нищук В. С. Освоения і стабілізація нестійких територій.— К.: Будівельник, 1975.— 90 с.
6. Билеуш А. И. Порядок применения и расчет дренажных и удерживающих противопопзневных сооружений: РТМ 204 УССР 005-78 / НИКТИ ГХ МЖКХ УССР.— Киев, 1978. — 154 с.
7. Билеуш А. И., Недра Г. Д. Исследование напряженного состояния оползневого склона вблизи удерживающих сооружений поляризацонно-оптического метода.— Наука и техника в гор. хоз-ве.— Киев: Будівельник, 1979, вып. 40, с. 82—85.
8. Билеуш А. И., Марченко А. Г., Середяк Я. И., Штекель А. С. Инженерная подготовка территорий в сложных условиях.— Киев: Будівельник, 1981. — 208 с.
9. Будин А. Я. Эксплуатация и долговечность портовых гидротехнических сооружений.— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Транспорт, 1977. — 319 с.
10. Водная эрозия и борьба с ней / Под ред. Д. Е. Ванина.— М.: Колос, 1977. — 250 с.
11. Временная инструкция по проектированию сооружений для очистки поверхностных сточных вод: СН 496-77.— М.: Стройиздат, 1978.— 40 с.
12. Временные указания по технологии проектирования противозерозионных гидротехнических сооружений (для условий УССР).— Киев: Урожай, 1971.— 43 с.
13. Гвоздецкий Н. А. Проблемы изучения карста и практика.— М.: Мысль, 1972.— 392 с.
14. Доброа Э. М. Обеспечение устойчивости склонов и откосов в дорожном строительстве с учетом ползучести грунтов.— М.: Транспорт, 1975. — 215 с.
15. Дороненко Е. П. Рекультивация земель, нарушенных открытыми разработками.— М.: Недра, 1979. — 263 с.

16. Дудник С. П., Закржевская Н. А., Штекель А. С. Освоение пойменных территорий Днепра в районе Киева для строительства.— Стр-во и архитектура, 1971, № 12, с. 16—17.
17. Заблоцкий Г. А. Основные выводы функционального анализа территории Киева. В кн.: Функционально-планировочный анализ городов и систем расселения / КиевНИИП градостр.-ва. Киев, 1979, с. 19—38.
18. Емельянова В. П. Основные закономерности оползневых процессов.— М.: Недра, 1972. — 295 с.
19. Инженерная подготовка застраиваемых территорий / Моисеев В. Ю., Побегайло И. М., Сидорчук В. Н. и др.— Киев: Будівельник, 1974. — 276 с.
20. Кицак Н. А. Инженерная подготовка пляжей.— Киев: Будівельник, 1979. — 121 с.
21. Инструкция по определению расчетных характеристик дождевых седей: ВСН 03-76.— Л.: Гидрометеонздат, 1976. — 29 с.
22. Инструкция по проектированию защиты от оползней населенных пунктов, зданий и сооружений / МЖКХ РСФСР.— М., 1976. — 218 с.
23. Инструкция по проектированию и строительству противооползневых и противообвалных защитных сооружений: СН 519-79.— М.: Стройиздат, 1980. — 24 с.
24. Искусственные декоративные водоемы (инструкция) / НИКТИ ГХ МКХ УССР.— Киев, 1971. — 90 с.
25. Копитинский М. М. Протнєрозійні гідротехнічні споруди.— К.: Урожай, 1972. — 97 с.
26. Косов Б. Ф., Константинова Г. С. Комплексная карта овражности равнинной территории СССР.— Геоморфология, 1973, № 3, с. 3—10.
27. Котлов Ф. В. Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека.— М.: Недра, 1978. — 263 с.
28. Лазарева И. В. Восстановление нарушенных территорий для градостроительства.— М.: Стройиздат, 1972. — 135 с.
29. Максимчук В. Л. Рациональное использование и охрана берегов водохранилищ.— Киев: Будівельник, 1981. — 112 с.
30. Максимчук В. Л., Нищук В. С., Марченко А. Г. Расчет искусственных галечно-гравийных пляжей в условиях Южного берега Крыма.— Гидротехн. стр-во, 1976, № 9, с. 42—45.
31. Маслов Н. Н. Механика грунтов в практике строительства.— М.: Стройиздат, 1977. — 320 с.
32. Методические указания по проектированию горных мер защиты подрабатываемых объектов / ВНИМИ.— Л., 1975. — 64 с.
33. Миронова Е. А. Овражность территории СССР.— Геоморфология, 1971, № 3, с. 25—36.
34. Мицигулава Ц. Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии.— М.: Колос, 1970. — 76 с.
35. Мицигулава Ц. Е. Размыв русел и методика оценки их устойчивости.— М.: Колос, 1970. — 132 с.
36. Митин Н. А. Таблицы для разбивки кривых на автомобильных дорогах.— М.: Недра, 1978. — 469 с.
37. Моисеев В. Ю., Пинчук В. Я. Проектирование рельефа застраиваемой территории.— Киев: Будівельник, 1977. — 148 с.
38. Молоков М. В., Шифрин В. Н. Очистка поверхностного стока с территорий городов и промышленных площадок.— М.: Стройиздат, 1977. — 104 с.
39. Моторина Л. В., Овчинников В. А. Промышленность и рекультивация земель.— М.: Мысль, 1975. — 240 с.
40. Мулин В. И. Расчет основных технико-экономических параметров вертикальной планировки.— М.: Стройиздат, 1974. — 145 с.
41. Мулин В. И. Таблицы и номограммы для подсчета объема земляных работ при вертикальной планировке.— М.: Стройиздат, 1970. — 64 с.
42. Найфельд Л. Р. Инженерная подготовка пойменных и заболоченных территорий для градостроительства.— М.: Стройиздат, 1974. — 183 с.
43. Николаевская З. А. Водоемы в ландшафте города.— М.: Стройиздат, 1975. — 199 с.
44. Нищук В. С., Марченко А. Г. Искусственные пляжи — надежная защита берегов.— Гор. хоз-во Украины, 1976, № 1, с. 12.
45. Орехов Б. В., Нищук В. С. Организация морских пляжей и их защита.— Стр-во и архитектура, 1974, № 6, с. 26—29.

46. Пивоваров Н. Г., Бугай Н. Г., Рычко В. А. Дренаж с волокнистыми фильтрами.— Киев: Наук. думка, 1980. — 216 с.
47. Пустовойт В. М., Добшиц М. Л. Прогрессивная технология транспортного строительства.— М.: Транспорт, 1978. — 240 с.
48. Руководство по гидравлическим расчетам малых искусственных сооружений.— М.: Транспорт, 1974. — 157 с.
49. Руководство по проектированию оснований зданий и сооружений.— М.: Стройиздат, 1978. — 375.
50. Руководство по производству и приемке работ при устройстве оснований и фундаментов.— М.: Стройиздат, 1977. — 241 с.
51. Руководство по расчету и проектированию зданий и сооружений на подрабатываемых территориях.— М.: Стройиздат, 1977. — 141.
52. Сергеев Е. М. Инженерная геология.— М.: Изд-во МГУ, 1978. — 384 с.
53. Сокольников Ю. М. Перерывчасте кріплення берегів.— К.: Наук. думка, 1970. — 110 с.
54. Справочник по инженерной геологии / Под общ. ред. М. В. Чуринова.— М.: Недра, 1974. — 407 с.
55. Справочник проектировщика. Градостроительство.— 2-е изд., перераб. и доп. / Под общ. ред. В. Н. Белоусова.— М.: Стройиздат, 1978. — 367 с.
56. Строительные нормы и правила.— М.: Стройиздат, 1979. Ч. II Гл. 8. Нормы проектирования: Здания и сооружения на подрабатываемых территориях. СНиП II-8-78. Утв. 24.07.78. — 23 с.
57. Строительные нормы и правила.— М.: Стройиздат, 1975. Ч. II Гл. 32. Нормы проектирования: Канализация. Наружные сети и сооружения. СНиП II-32-74. Утв. 30.10.74. — 88 с.
58. Строительные нормы и правила.— М.: Стройиздат, 1976. Ч. II. Гл. 57. Нормы проектирования: Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). СНиП II-57-75. Утв. 30.04.75. — 41 с.
59. Строительные нормы и правила.— М.: Стройиздат, 1975. Ч. II. Гл. 15. Нормы проектирования: Основания зданий и сооружений. СНиП II-15-74. Утв. 18.10.74. — 64 с.
60. Строительные нормы и правила.— М.: Стройиздат, 1976. Ч. II. Гл. 60. Нормы проектирования: Планировка и застройка городов, поселков и сельских населенных пунктов. СНиП II-60-75. Утв. 11.09.75. — 80 с.
61. Строительные нормы и правила.— М.: Стройиздат, 1978. Ч. II. Гл. 17. Нормы проектирования: Свайные фундаменты. СНиП II-17-77. Утв. 09.12.77. — 48 с.
62. Техника и технология рекультивации на открытых разработках / Полищук А. К., Михайлов А. М., Заудальский И. И. и др.— М.: Недра, 1977. — 214 с.
63. Технико-экономические расчеты в генеральных планах городов: Метод. рекомендации / КиевНИИП градостроительства. — Киев, 1973, вып. 1. — 95 с.; 1974, вып. 2 — 122 с.
64. Указания по выявлению, учету и оценке территорий, подверженных оползневым и абразионно-эрозионным процессам в населенных пунктах Украинской ССР / НИКТИ ГХ МЖКХ УССР.— Киев, 1977. — 54 с.
65. Указания по определению расчетных гидрологических характеристик: СН 435-72.— Л.: Гидрометеонздат, 1972. — 19 с.
66. Указания по поверхностному укреплению и благоустройству склонов и откосов: РДМУ 204 УССР 010-78 / НИКТИ ГХ МЖКХ УССР.— Киев, 1978. — 67 с.
67. Флейшман С. М. Сели.— Л.: Гидрометеонздат, 1970. — 352 с.
68. Черелисова А. Н. Вертикальная планировка территорий жилых районов и микрорайонов (обзор) / ЦНТИ по граждан. стр-ву и архитектуре.— М., 1974. — 40 с.
69. Штекель А. С. Опыт укрепления оползней — обвалов суффозионного типа в Киеве.— Основания, фундаменты и механика грунтов, 1970, № 4, с. 31—32.
70. Штекель А. С. Инженерная защита поймы Днепра в верховьях Каневского водохранилища.— Гидротехника и мелиорация, 1971, № 11, с. 102—105.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
<b>Раздел I. Градостроительная оценка природных условий</b>	
<b>Глава 1. Природные условия и их учет при выборе территории для города</b>	4
1.1.1. Общая характеристика природных условий	4
1.1.2. Функциональное зонирование территории	5
1.1.3. Выбор территорий для городского строительства	6
1.1.4. Категории территорий и их пригодности для различных видов строительства	7
<b>Глава 2. Градостроительные принципы освоения неудобных территорий</b>	12
1.2.1. Планировка санитарных территорий	12
1.2.2. Зеленые насаждения общего пользования	13
1.2.3. Промышленные и коммунально-складские зоны	15
1.2.4. Определение величины затрат на инженерную подготовку территорий в сложных условиях	16
1.2.5. Оценка экономической эффективности инженерной подготовки территорий	17
<b>Раздел II. Проектирование рельефа городской территории</b>	
<b>Глава 3. Вертикальная планировка в проектах генпланов городов</b>	22
3.1.1. Стадии разработки проектов вертикальной планировки	22
3.1.2. Анализ рельефа для целей градостроительства	22
3.1.3. Схема вертикальной планировки территории города	23
3.1.4. Методы вертикальной планировки	24
3.1.5. Элементарные задачи вертикальной планировки	27
3.1.6. Приспособления для решения задач вертикальной планировки	30
<b>Глава 4. Вертикальная планировка элементов уличной сети</b>	31
4.1.1. Основные принципы высотной организации поверхности улиц	31
4.1.2. Способы размотки проезжей части	31
4.1.3. Вертикальная планировка перекрестков улиц	33
4.1.4. Вертикальная планировка улиц, не имеющих продольных уклонов	36
4.1.5. Вертикальная планировка площадей	36
4.1.6. Определение объемов земляных работ при вертикальной планировке улиц	38
<b>Глава 5. Вертикальная планировка межмагистральных территорий</b>	39
5.1.1. Основные принципы организации поверхности межмагистральных территорий	39
5.1.2. Вертикальная планировка при сплошном и частичном преобразовании рельефа	42
5.1.3. Высотная привязка зданий и сооружений	45
5.1.4. Размещение избыточных масс грунта	45
5.1.5. Определение объемов земляных работ	46
<b>Раздел III. Организация поверхностного стока на городских территориях</b>	
<b>Глава 6. Основные сведения об осадках и стоке</b>	47
6.1.1. Дождевые осадки и их количественная характеристика	47
6.1.2. Системы и схемы канализации	48
6.1.3. Определение расхода дождевых вод	50
6.1.4. Гидравлический расчет дождевой канализации	55
6.1.5. Схемы регулирования стока	57
6.1.6. Расчет регулирования стока прудами и резервуарами	57
<b>Глава 7. Проектирование дождевой канализации</b>	58
7.1.1. Последовательность выполнения работ	58
7.1.2. Начертание сети в плане и ее высотное положение	59
7.1.3. Размещение и расчет дождеприемных колодцев	61
7.1.4. Смотровые и перепадные колодцы	62
7.1.5. Выпуски, ливнеотводы, ливнепуски. Специальные устройства на сети	63
<b>Глава 8. Проектирование и расчет очистных сооружений</b>	64
8.1.1. Сооружения для очистки поверхностных сточных вод	64
8.1.2. Типы очистных сооружений	65
8.1.3. Расчет массовой концентрации загрязнений поверхностного стока	66
8.1.4. Расчет очистных сооружений	67

<b>Раздел IV. Инженерная подготовка затопляемых и подтопляемых территорий</b>	
<b>Глава 9. Защита пойменных и прибрежных городских территорий</b>	68
9.1. Градостроительная основа формирования застройки на пойменных и прибрежных территориях	68
9.2. Методы защиты территорий от затопления и подтопления	69
9.3. Определение незатопляемых отметок	70
9.4. Расчет элементов волн	71
9.5. Незатопляемые дамбы обвалования	75
9.6. Фильтрационный расчет незатопляемых дамб	77
9.7. Затопляемые дамбы обвалования	79
9.8. Регулирование максимальных расходов и русл малых рек	81
9.9. Особенности намывных территорий	81
9.10. Схемы и способы намыва	82
9.11. Особенности проектирования строительства на намывных территориях	85
<b>Глава 10. Осушение территорий</b>	86
10.1. Основные гидрогеологические свойства горных пород	86
10.2. Факты подтопления территорий	87
10.3. Применение дренажей в условиях городской застройки	88
10.4. Основные типы дренажных устройств и их расчет	88
10.5. Трубофильтры	94
<b>Раздел V. Инженерная подготовка оползневых и оползнеопасных территорий</b>	
<b>Глава 11. Цели и задачи инженерной подготовки</b>	95
11.1. Оползневые процессы, причины развития и формы проявления	95
11.2. Требования к исходным материалам для проектирования	97
11.3. Принципы инженерной подготовки оползневых и оползнеопасных территорий	98
<b>Глава 12. Расчет устойчивости склонов</b>	100
12.1. Общие положения	100
12.2. Расчет устойчивости склонов по круглоцилиндрической поверхности скольжения	101
12.3. Расчет устойчивости склонов по поверхности скольжения	102
12.4. Определение скорости смещения оползневых масс	103
12.5. Расчет и проектирование удерживающих сооружений	104
<b>Глава 13. Противооползневые мероприятия</b>	112
13.1. Изменение рельефа склона и организация поверхностного стока	112
13.2. Дренажирование подземных вод	113
13.3. Агротехнико-ландшафтные мероприятия	115
13.4. Особые способы закрепления грунтов	116
<b>Раздел VI. Борьба с эрозией и абразией территорий</b>	
<b>Глава 14. Градостроительное использование эродированных территорий</b>	116
14.1. Виды эрозии	116
14.2. Овраги, их образование и классификация	117
14.3. Задачи инженерной подготовки эродированных территорий	119
14.4. Противоэрозионные мелиорации и гидротехнические сооружения	120
<b>Глава 15. Защита от речной эрозии</b>	124
15.2. Регулирование русл	125
15.3. Укрепление речных берегов	129
<b>Глава 16. Противоабразивная защита берегов морей и водохранилищ</b>	131
16.1. Задачи инженерной подготовки прибрежных территорий	131
16.2. Принципы инженерной защиты берегов от волновой абразии	134
16.3. Берегозащитные сооружения	135
<b>Раздел VII. Городские водоемы</b>	
<b>Глава 17. Виды водных устройств в городе</b>	141
17.1. Размещение водоемов	141
17.2. Санитарно-технические требования к устройству водоемов	141
17.3. Архитектурно-пространственные решения и благоустройство водоемов	142
<b>Глава 18. Искусственные пруды, бассейны и фонтаны</b>	144
18.1. Инженерное оборудование городских прудов	144
18.2. Декоративные и детские плескательные бассейны в микрорайонах	145
18.3. Фонтаны	146
18.4. Противомаларные мероприятия	148
<b>Глава 19. пляжи</b>	149
19.1. Виды пляжей, их организация	149
19.2. Инженерная защита пляжей	150
<b>Раздел VIII. Рекультивация нарушенных территорий</b>	
<b>Глава 20. Территории, нарушенные деятельностью человека</b>	150
20.1. Способы освоения нарушенных территорий	150
20.2. Подрабатываемые территории	153
20.3. Территории открытых выработок	155
20.4. Терриконки, хвостохранилища, золошлакоотвалы	157
20.5. Территории полигонов	159
<b>Раздел IX. Освоение территорий в сложных инженерно-геологических условиях</b>	
<b>Глава 21. Инженерная подготовка территорий с карстом</b>	164
21.1. Типы карста и формы его проявления	164
21.2. Градостроительная оценка территорий с карстом	165
21.3. Меры борьбы с карстом	166

Глава 22. Инженерная подготовка территорий с горными выработками . . . . .	167
IX.22.1. Оценка условий застройки территорий . . . . .	167
IX.22.2. Инженерные мероприятия по освоению территорий . . . . .	168
Глава 23. Инженерная подготовка территорий, сложенных просадочными грунтами . . . . .	169
IX.23.1. Определение типов грунтов по просадочности . . . . .	169
IX.23.2. Подготовка оснований, сложенных просадочными грунтами . . . . .	170
Глава 24. Инженерная подготовка территорий, сложенных заторфованными грунтами и илами . . . . .	170
IX.24.1. Виды заторфованных грунтов и илов . . . . .	170
IX.24.2. Особенности проектирования и строительства зданий и сооружений . . . . .	17
<b>Р а з д е л X. Защита городских территорий от селевых потоков</b>	
Глава 25. Градостроительная оценка селеопасных территорий . . . . .	173
X.25.1. Виды селевых потоков, условия их образования и проектирование мер защиты . . . . .	173
X.25.2. Расчет параметров селевых потоков . . . . .	174
X.25.3. Определение нагрузок на сооружения от воздействия селевых потоков . . . . .	175
Глава 26. Защита территорий от селевых потоков . . . . .	181
X.26.1. Организационно-хозяйственные мероприятия . . . . .	180
X.26.2. Устройство регулирующих сооружений на склонах . . . . .	181
X.26.3. Устройство регулирующих сооружений в руслах . . . . .	18
<b>Приложение</b>	
Авторский надзор за строительством предприятий, зданий и сооружений . . . . .	18
Список литературы . . . . .	18

**Справочник по проектированию инженерной подготовки застраиваемых территорий**/А. И. Билеуш, Г. А. Заблочкин, В. В. Леонтович и др.; Под ред. В. С. Нищука.— К.: Будівельник, 1983.— 192 с., ил.— Библиогр.: 70 назв.

В справочнике приведены нормативные материалы по проектированию инженерной подготовки застраиваемых территорий, описаны методы борьбы с затоплением и подтоплением, оползневыми процессами, эрозией и абразией, карстовыми и др. явлениями, а также способы восстановления нарушенных территорий, изложены основные мероприятия по авторскому надзору проектных организаций за строительством зданий и сооружений. Нормативные данные приведены по состоянию на 1 января 1983 г. Для инженерно-технических работников проектных и строительных организаций.

С  $\frac{3204000000-047}{M203(04) - 83}$  67.83

37.2я