



Инженерная биология с элементами ландшафтного планирования

Майкоп – Москва ❖ 2006

Совместный европейский проект
«Образование – основа устойчивого природопользования»
Программа ТЕМПУС
При содействии Европейской Комиссии
Федеральное агентство по образованию
Майкопский государственный технологический университет

ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНОЙ БИОЛОГИИ С ЭЛЕМЕНТАМИ ЛАНДШАФТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Составитель и ответственный редактор Ю.И. Сухоруких

Авторский коллектив:

П.Ф. Андрющенко, О.Н. Анциферова, Е.Н. Базалина, С.Г. Биганова,
А.В. Дроздов, И.Г. Зыков, В.М. Ивонин, Н.Г. Ковалев, В.В. Кругляк,
К.Н. Кулик, Г.А.Одноралов, В.Е. Озолин, Я.В. Панков, А.С. Рулёв,
И.С. Румянцев, И.П. Свинцов, А.М. Степанов, Ю.И. Сухоруких (руководитель),
Б. Бурмайстер, Р. Йохансен, Н. Ковалев, Г. Маркарт, Е. Хакер, Ф. Флоринет



Товарищество научных изданий КМК

Майкоп – Москва ❖ 2006

Допущено УМО по образованию в области природообустройства и водопользования в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 280400 «Природообустройство»

Основы инженерной биологии с элементами ландшафтного планирования: Учебное пособие для студентов биологических и технических специальностей / Под. ред. проф. Ю.И. Сухоруких. Майкоп – М.: Т-во научн. изданий КМК. 2006. 281 с.

В учебном пособии изложены основы инженерной биологии с элементами ландшафтного планирования с учетом российского и зарубежного опыта. Рекомендован для студентов биологических и технических специальностей. .

Авторский коллектив:

П.Ф. Андрищенко, О.Н. Анциферова, Е.Н. Базалина, С.Г. Биганова, А.В. Дроздов, И.Г. Зыков, В.М. Ивонин, Н.Г. Ковалев, В.В. Кругляк, К.Н. Кулик, Г.А. Одноралов, В.Е. Озолин, Я.В. Панков, А.С. Рулёв, И.С. Румянцев, И.П. Свинцов, А.М. Степанов, Ю.И. Сухоруких (руководитель), Б. Бурмайстер, Р. Йохансен, Н. Ковалев, Г. Маркарт, Е. Хакер, Ф. Флоринет.

Составитель и ответственный редактор Ю.И. Сухоруких

© Коллектив авторов, 2006

© Майкопский государственный
технологический университет

© Т-во научных изданий КМК, 2006

ISBN 5-87317-311-7

Развитие современной науки требует переоценки и переосмысления содержания отдельных разделов известных отраслей знаний. На их стыке появляются новые науки и трансформируются старые. К числу довольно молодых наук можно отнести и инженерную биологию. Возникнув на стыке лесных и гидротехнических мелиораций, ботаники, дендрологии, почвоведения и некоторых других она в условиях современного мира органично дополняет смежные области знаний и приобретает все большее распространение в мире. В Российской Федерации эта молодая наука распространена недостаточно и ее отдельные элементы разбросаны по различным разделам других наук. Интеграция в европейское образовательное пространство — насущное требование практики ставит вопрос о развитии инженерной биологии и в нашей стране.

Данное учебное пособие написано коллективом авторов в рамках европейского проекта ТЕМПУС «Образование — основа устойчивого природопользования». Основные исполнители проекта — члены консорциума: проф. Ева Хакер (руководитель проекта), проф. Рольф Йохансен, проф. Флорин Флоринет, доктор Николь Ковалев, проф. А.В. Дроздов, проф. Ю.И. Сухоруких.

Значительное количество авторов учебного пособия обусловлено тем, что нашей целью было привлечение к его написанию ведущих специалистов России, Германии и Австрии.

Разделы подготовлены коллективом авторов: П.Ф. Андриющенко (глава 2.6), О.Н. Анциферова (глава 3), Е.Н. Базалина (глава 1.2; 9), С.Г. Биганова (глава 1.2), А.В. Дроздов (глава 10), И.Г. Зыков (глава 2.1; 2.3), В.М. Ивонин (глава 2.1; 2.3), Н.Г. Ковалев (глава 3), В.В. Кругляк (глава 6; 7), К.Н. Кулик (глава 1.2), Г.А. Одноралов (глава 4), В.Е. Озолин (глава 3), Я.В. Панков (глава 4; 5; 6; 7), А.С. Рулёв (глава 1.2), И.С. Румянцев, И.П. Свинцов (глава 8), А.М. Степанов (глава 2.2), Ю.И. Сухоруких (глава 1; 4.2; 6; 9), Б. Бурмайстер (глава 2.5), Р. Йохансен (глава 2.4; 2.5; 4.3; 7.3), Н. Ковалев (глава 1.1; 1.2; 9), Г. Маркарт (глава 2.4), Е. Хакер (глава 1.1; 1.2; 4.2; 4.3; 6.2; 7.3; 9), Ф. Флоринет (глава 4.2; 9)

Консультант главы 2.5 — проф. В.А. Волосухин

Основные рисунки главы 9 взяты из работ проф. Ф. Флоринета

Структурирование глав производили: проф. Е. Хакер, проф. Р. Йохансен, доктор Н. Ковалев, проф. А.В. Дроздов, проф. Ю.И. Сухоруких.

Общее редактирование учебника на русском языке выполнено проф. Ю.И. Сухоруких

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ПОНЯТИЕ И ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ИНЖЕНЕРНОЙ БИОЛОГИИ	8
1.1. Основы применения растений	9
в инженерной биологии	9
1.2. Исторические этапы развития	14
инженерной биологии в России и Европе	14
2. ИНЖЕНЕРНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА АГРАРНЫХ ЛАНДШАФТАХ	26
2.1. Аграрные ландшафты и их деградация	26
2.2. Полезаститные инженерно-биологические мероприятия	28
2.3. Противозрозионные инженерно-биологические работы в балках	36
2.4. Водный режим ландшафтов	37
2.5. Гидрологические расчеты в инженерной биологии	41
3. ИНЖЕНЕРНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ	69
3.1. Планирование и создание осушительной сети	70
3.2. Инженерно-биологические работы на объектах осушительной сети	80
4. ИНЖЕНЕРНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ВОКРУГ РЕК И ВОДОХРАНИЛИЩ	85
4.1. Общие понятия	85
4.2. Значение береговой растительности	90
4.2.1. Укрепление берегов рек	92
4.2.2. Укрепления берегов рек защитными лесными насаждениями	93
4.3. Инженерно-биологические работы в зоне водохранилищ	102
4.3.1. Влияние водохранилищ на прилегающие территории	103
4.3.2. Создание защитных лесных насаждений вокруг прудов и водохранилищ	107
5. ИНЖЕНЕРНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ	114
5.1. Общее положение о рекультивации	115
5.3. Взаимодействие нарушенных земель и растительных ценозов	119
5.4. Основные направления и цели биологической рекультивации	121

5.5. Мероприятия по комплексному освоению нарушенных земель	124
---	-----

6. ИНЖЕНЕРНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ	133
--	------------

6.1. Инженерно-биологические работы на свалках	133
--	-----

6.2. Инженерно-биологические работы в населенных пунктах	139
--	-----

6.2.1. Общие понятия об инженерно-биологических работах в городах и населенных пунктах	139
---	-----

6.2.2. Классификация озеленённых территорий	142
---	-----

6.2.3. Особенности проектирования систем озеленённых территорий в населенных пунктах	144
---	-----

6.2.4. Примерные нормативы для градостроительного проектирования систем озеленённых территорий в населённых пунктах	149
---	-----

6.2.5. Проектирование объектов ландшафтной архитектуры на урбанизированных территориях	152
---	-----

7. ИНЖЕНЕРНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ В ЗОНЕ ТРАНСПОРТНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ	154
--	------------

7.1. Влияние транспорта на окружающую среду	154
---	-----

7.2. Инженерно-биологические работы в зоне железных дорог	159
---	-----

7.3. Инженерно-биологические работы в зоне автомобильных дорог	168
---	-----

8. ИНЖЕНЕРНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ НА ПУСТЫННЫХ ЛАНДШАФТАХ	181
---	------------

8.1. Пустыни, их распространение и особенности ландшафтов	181
---	-----

8.2. Мелиорация подвижных песков	190
--	-----

8.3. Мелиорация деградированных песчаных земель	194
---	-----

8.4. Мелиорация с использованием галофитов	196
--	-----

8.5. Полезащитное лесоразведение	197
--	-----

8.6. Массивное защитное лесоразведение	198
--	-----

8.7. Флористический состав сельскохозяйственных культур, используемых в аридных регионах и растений биомелиорантов ...	200
---	-----

9. ОСНОВНЫЕ ИНЖЕНЕРНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ	205
---	------------

9.1. Хворостяной настил	205
-------------------------------	-----

9.2. Фашины из ивы и утяжеленные фашины	210
---	-----

9.3. Стена из фашин	211
---------------------------	-----

9.4. Фашины из ивы с уложенными между ними черенками	212
--	-----

9.5. Мягкий габион из геотекстиля с озеленением	213
---	-----

9.6. Цилиндрическая фашина из камыша и цилиндрический габион	214
---	-----

9.7. Плетеная изгородь	216
9.8. Сооружение из пней	217
9.9. Стена из бревен (свай, кольев)	219
9.10. Подпорная береговая стена	219
9.11. Укрепление откосов саженцами и кольями	220
9.12. Защита из свежесрубленных деревьев	221
9.13. Сооружение из ветвей и грунта	223
9.14. Забор для образования отмелей	224
9.15. Прерывистая дамба на мелководном побережье	224
9.16. Буны из живых растений	226
9.17. Водные преграды из ветвей	232
9.18. «Щетки» и частокол из живой растительности	234
9.19. Создание тростниковой зоны	236
9.20. Озеленение посадкой или посевом древесных пород	237
9.21. Озеленение берега лиственными породами	237
9.22. Уход за береговой растительностью	241
9.23. Порог из крупных камней и живой растительности	242
9.24. Пороги из фашин	242
9.25. Пороги из кустарников	243
9.26. Деревянные пороги с живой растительностью (озелененные деревянные пороги)	244
9.27. Озелененный каменный барьер	246
9.28. Озелененный барьер из крупных камней	246
9.29. Укрепление оползневых склонов	247
9.30. Дренажные фашины	249
9.31. Укладка черенков, растений на террасах	249
9.32. Озелененная опорная стена	251
9.33. Укладка камней с черенками (саженцами)	252
9.34. Заполнение рытвины или оврага ветвями	255
9.36. Озелененный деревянный кювет	256
9.35. Озелененный каменный кювет	256
10. ОСНОВЫ ЛАНДШАФТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ	260
10.1. Основные понятия и принципы ландшафтного планирования	260
10.2. Инженерная биология как инструмент реализации целей ландшафтных планов	269
ЛИТЕРАТУРА	278

1. ПОНЯТИЕ И ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ИНЖЕНЕРНОЙ БИОЛОГИИ

При основании немецкого общества по инженерной биологии в 1980 году принята следующая формулировка: инженерная биология — это биологически-техническая специальность, предусматривающая употребление растений в строительном деле. В российской науке сформулировано близкое по смыслу понятие. Здесь под инженерной биологией понимается наука, занимающаяся решением инженерных задач с преимущественным использованием растительного материала.

Под инженерно-биологическими сооружениями понимается биолого-технический комплекс, сохраняющий и создающий основу для естественной окружающей среды. Области применения являются природообустройство, ландшафтное и садово-парковое хозяйство, градостроительство, транспортные магистрали, гидротехнические сооружения и др.

Инженерно-биологические сооружения в большинстве случаев благоприятно воздействуют на окружающую среду, их правильное применение обеспечивает сохранение природного баланса и функциональность природных комплексов.

Основными принципами этой науки являются следующие:

1. Восстановление ландшафтов при целенаправленном использовании растительности идет быстрее, чем это осуществляет природа в процессе сукцессии.

2. Использование растений, приспособленных к конкретным условиям и обладающих выгодными биотехническими признаками, позволяет эффективно решать многоцелевые задачи.

3. На стадии развития растительных сообществ как вспомогательный материал используются древесина, камни, проволока, геотекстиль, почвоулучшители и структурообразователи и другой материал.

Для достижения природного баланса инженерной биологией предусматривается:

1. Правильный выбор используемых видов растений, в большей степени ориентированный на аборигенную растительность.

2. Возможность использования вспомогательных материалов, способных к разложению.

3. Рассмотрение неблагоприятных явлений в комплексе — избегание локального предотвращения повреждений.

4. Работа с живым строительным материалом — растением требует учитывать вегетацию, сроки посадки и другие лимитирующие факторы.

5. Планирование мероприятий по уходу за сооружениями.

1.1. Основы применения растений в инженерной биологии

Основой инженерной биологии является инженерный опыт и знание о свойствах растений. Эти совершенно противоположные направления комбинируют так, что бы они дополняли друг друга.

Недостатком технического подхода является то, что эти мероприятия имеют наиболее надежные свойства в самом начале своего существования, а со временем постепенно ухудшаются. Объекты из живых растений, наоборот, наименьшие защитные функции выполняют вначале, и со временем, при правильном уходе, повышают их и сохраняют довольно долго, нередко дольше, чем технические сооружения.

Инженерная биология использует такие стройматериалы как камни, древесина, бетон в качестве вспомогательных материалов для первоначальной надежной защиты объектов, а растения для последующей защиты. Такое смешанное использование дешевле чисто технических подходов (обычно на 5–40%) и гармонично вписывается в окружающий ландшафт.

Растения снижают разрушительное действие осадков, перехватывают их. Вдоль рек они замедляют сток и защищают берег от воздействия водных потоков. В отличие от чисто технических сооружений при повреждении они восстанавливают сами себя.

В зависимости от задач и нагрузок для будущих сооружений необходимо соответственным образом выбирать живые растения и стройматериалы. Их достоинства и недостатки приведены в табл. 1

Однако далеко не все виды растений пригодны для применения в отдельных строительных сооружениях. Важно выбирать те, которые имеют определенные технические свойства и тем самым придают строениям необходимую надежность. Для этого растениям необходимы следующие свойства:

- способность к укоренению и побегообразованию;
- наличие хорошо развитой корневой системы;

ТАБЛИЦА 1. Преимущества и недостатки живых растений и стройматериалов

Живые растения	Стройматериалы
ПРЕИМУЩЕСТВА	НЕДОСТАТКИ
<ul style="list-style-type: none"> • не подвержены разрушению, стабильность со временем увеличивается • обладают способностью к регенерации • гибко выполняют защитную функцию, снижают и отводят отрицательную энергию внешних воздействии • экологически эффективны • гармонично вписываются в ландшафт, создавая эффект целостности • как правило, не требуют больших затрат 	<ul style="list-style-type: none"> • подвержены разрушению со временем • не способны к регенерации • жестко противостоят внешнему воздействию • не выполняют экологических функций • воздействуют на ландшафт как чужеродное тело • почти всегда дорогостоящие
НЕДОСТАТКИ	ПРЕИМУЩЕСТВА
<ul style="list-style-type: none"> • не всегда выдерживают нагрузку • применяются в соответствии с местными условиями и временем года • обеспечивают эффективность только через определённое время • нуждаются в достаточных площадях • потенциальная стабильность основывается на опыте и приближенных расчетах 	<ul style="list-style-type: none"> • более стабильными, особенно в начале создания • независимы от условий и времени применения • действуют с момента установки • компактны • стабильность поддаётся вычислению

- хорошая регенерационная способность (поросль от пня и корневые отпрыски);
- интенсивный рост;
- приспособленность к местным условиям.

В зависимости от конкретных задач, требования могут быть увеличены.

Роды ив (*Salix L.*) и ольха (*Alnus L.*) обычно играют важную роль в инженерной биологии. Ивы — растения-пионеры с высокой регенерационной способностью. Они непритязательны к наличию питательных веществ, хорошо восстанавливаются после повреждения, переносят длительное затопление и засыпание почвой, имеют интенсивный рост, легкую древесину, гибкие, эластичные прутья, устойчивы к механическим нагрузкам, таким как водные потоки, сползание снега, осыпям, камнепадам, у них крепкая корневая система, устойчивая к разрыву.

Ольха также имеет очень важные инженерно-биологические свойства: способность успешно осваивать почвы, бедные питательными веществами, эффективное содействие почвообразованию, быстро растет в молодом возрасте, имеет крепкую корневую систему, обладает хорошей способностью возобновляться от пня, устойчива к повреждению животными.

Важными качествами растений, применяемых в инженерно-биологических сооружениях, также является:

- способность регулировать водный баланс в почве;
- укрепление грунта и задержание наносов;
- противодействие выдергиванию и обламыванию;
- эластичность и прочность при сгибании.

Растительные сообщества испаряют, в зависимости от видового состава и структуры, большое количество воды, и тем самым снижают влажность почвы. Уменьшение влажности, с одной стороны, приводит к повышению водопрочности частиц, снижению давления воды в порах и веса почвы и, таким образом, повышается устойчивость оползневых участков.

Растения участвуют в формировании почвенной структуры. Выделения корней, почвенная флора и фауна стабилизируют структуру, обеспечивают водо- и воздухопроницаемость почвы, и тем самым повышается водопоглощение и уменьшается зона скопления влаги в верхних слоях почвы.

Растения за счет корневых систем механически укрепляют почву. При формировании растительных сообществ на это следует обращать внимание. Целесообразно чтобы растения с различным типом корневых систем, ярусностью обеспечивали равномерное расположение в грунте.

При более узких задачах, особенностях почв для целей инженерной биологии выбирают растения, способные укреплять определенные слои почв или участок в целом.

Сопротивление выдергиванию — это сила, которая требуется, чтобы вырвать растение из земли. Она связана с развитостью кор-

ТАБЛИЦА 2. Испарение влаги различными растительными сообществами (Lacher, 1973)

Растительные сообщества	Испарение от общего количество осадков, %
Альпийские луга (Австрия)	5
Степная растительность (Австрия)	30
Затопляемые луга (Австрия)	135
Камыш (Германия)	160–190
Хвойный лес (Средняя Европа)	46
Смешанные леса (Средняя Европа)	50–54

ней, их морфологическими особенностями. Виды с поверхностной корневой системой имеют незначительное сопротивление выдергиванию. У видов со стержневыми корнями, многоярусной корневой системой этот показатель значительно выше.

Кустарники и деревья различаются по этому показателю. Основное влияние на силу сопротивления выдергиванию оказывает:

- тип почв (объем, механический состав, плотность и др.);
- условия местопроизрастания (свет, увлажнение, питательные вещества и др.);
- вид и возраст растений.

Растения способны укреплять почву и по разному влиять на силу сдвига почвы с корнями.

Посевы трав и травянистой растительности имеет предел прочности на сдвиг 30,1–48,7 кН/м² (Tobias, 1991). Разница по этому показателю между почвой с корнями и без корней составляет до 55%. Различия зависят, прежде всего, от состава растительности. Такие травы как *Poa pratensis*, *Festuca rubra* и *Festuca pratensis* способны укреплять почву, в то время как *Lolium multiflorum* оказывается мало пригодным для этих целей.

Растительность повышает предел прочности почвы на сдвиг за счет ее армирования корнями растений, осушения, формирования и повышения прочности почвенных агрегатов.

Однако предел прочности на сдвиг сильно зависит от влажности. Осушение, в том числе с помощью растений повышает прочность почвы на сдвиг и конгломерацию почвенных частиц.

Растения влияют на шероховатость речных берегов и тем самым локально сокращают энергию и скорость водного потока. Это

ТАБЛИЦА 3. Сила сопротивления выдергиванию у древесной растительности (Weitzer, Doppler, Florineth, 1998)

Вид	Минимальная сила сопротивления выдергиванию, кН	Максимальная сила сопротивления выдергиванию, кН	Возраст (от – до), лет
<i>Fraxinus exelsior</i>	1,204	38,088	6–36
<i>Alnus incana</i>	0,957	20,405	3–19
<i>Acer pseudoplatanoides</i>	0,958	16,539	5–16
<i>Alnus viridis</i>	0,664	11,371	6–13
<i>Salix eleagnos</i>	1,063	17,615	5–21
<i>Salix purpurea</i>	2,176	10,398	6–8
<i>Salix daphnoides</i>	1,008	6,937	5–14
<i>Salix appendiculata</i>	1,098	6,300	4–11
<i>Salix caprea</i>	0,998	6,008	4–6
<i>Salix myrsinifolia</i>	1,024	5,992	5–14

ТАБЛИЦА 4. Предел прочности на сдвиг почвы с травянистой растительностью (Tobias, 1991)

Основные виды	Влажность почвы, %	Предел прочности на сдвиг, кН/м ²	Увеличение прочности на сдвиг за счет растительности, %
<i>Alopecurus geniculatus</i>	63/100	48,7/30,1	30
<i>Poa pratensis</i>	63/74	37,0/43,7	25
<i>Agrostis stolonifera</i>	61/100	38,5/35,7	16 16
<i>Festuca pratensis</i> <i>Festuca rubra</i> <i>Trifolium pratense</i>	84	37,8	55
<i>Lolium multiflorum</i> <i>Agrostis stolonifera</i> <i>Poa annua</i>	39/65	30,7/30,4	9 -2

следует учитывать при их использовании и выдвигает определенные требования к посадке и уходу.

Береговая растительность должна оставаться настолько гибкой, чтобы, изгибаясь, могла выдержать любой напор воды. В результате этого происходит уменьшение скорости потока при одновременном незначительном снижении объема речного стока. Неподвижные растения образуют турбулентность, которая может инициировать эрозию. Исследования Vollsinger и др. (2000) показывают, что береговые насаждения во время вегетационного периода могут сильно изгибаться, прежде чем поломаются. Исследованиями Вайцера (1998) установлено, что растущие на берегах древесные растения с диаметром ствола более 4 см уже не являются эластичными. Поэтому их следует «сажать на пень», поскольку они снижают объем речного стока. Хорошие показатели эластичности присущи кустарниковым ивам.

1.2. Исторические этапы развития инженерной биологии в России и Европе

Практические действия по планированию и обустройству земель, деградирующих под влиянием хозяйственной деятельности, степных и лесостепных экосистем предпринимались в России задолго до особой экспедиции под руководством В.В. Докучаева. Это работы И.Я. Ломиковского в первой четверти XIX в. по комплексному ландшафтно-мелиоративному обустройству различных угодий посредством «древопольного хозяйства», оказывающего «многопольное влияние» на сельское хозяйство.

В тридцатых годах XIX в. в южных степях России переселенцы обязаны были проводить работы по защитному лесоразведению на общественных землях. Так, в 1843 г. Иван Корнис вблизи своего хутора Юшаналы создает лес на площади около 50 десятин.

На казенных землях первое степное лесничество основал В.Е. фон Графф, посадив в 1843 г. лес на площади 140 десятин в Великом Анадоле (Екатеринославская губ.). Впоследствии лесоводы Л.Г. Барк в 1866–1877 гг. и Х.С. Полянский в 1877–1897 гг. увеличили площадь этого лесного острова в степи до 3 тыс. десятин.

После Велико-Анадольского, степные леса возникают в Бердянском уезде около Мелитополя и в Верхне-Днепровском около г. Бериславля.

Несколько позже лесомелиоративные работы начинают в Азовском и Евпаторийском лесничествах Таврической губернии, Рацинском

и Владимирском лесничествах Херсонской, а также на Русской даче Ставропольской губернии.

К 1890 г. на казенных землях южной степи Европейской России уже создано 12 тыс. десятин защитных лесных насаждений.

Первые работы по защите железных дорог от снежных заносов с помощью защитных лесных насаждений связывают с именем Н.К. Серединского. Под его руководством в период с 1879 по 1889 гг. на 396-километровом участке Курско-Харьковско-Азовской железной дороги создают защитные лесные полосы, а в целом на железных дорогах России — на участках длиной 1416 км.

В середине XIX в. В.П. Скаржинским были высказаны и частично реализованы созвучные нашему времени идеи благоустройства в государственном масштабе южнорусских степей посредством использования древесно-кустарниковой растительности.

Он предлагал сажать лесные полосы на возвышении по водоразделам рек, а через 20–30 верст — поперечные полосы. Создаваемые таким образом огромные квадраты лесополос во взаимодействии с восстанавливаемыми лесными массивами и искусственными водохранилищами в них, по его мнению, «улучшают климат, умножают дожди, отчего много выигрывает наше полеводство».

Первая система лесных полос возникла в 1880 г. в Херсонской губернии, где землевладелец А. Де-Кариер на площади около 1000 га создает лесные полосы (шириной 32 м), расположенные друг от друга на расстоянии 200–400 м. Система была ориентирована поперек основного направления суховейных ветров.

Начиная с 1884 г. в Саратовской, Самарской, Оренбургской и других губерниях под руководством Н.К. Генко по водоразделам рек создаются широкие лесные полосы (500–600 м) для улучшения климата степей и ослабления действия суховея. К 1895 г. было создано 2,2 тыс. га, а к 1906 г. 18,5 тыс. га широких лесных полос.

Для борьбы с водной эрозией на овражно-балочных системах лесные насаждения впервые создают в 1822–1882 гг. около с. Моховое (Орловская губ.). Работами руководят Ф.Х. Манер, И.Н. Шатилов и И.И. Шатилов. Это место в настоящее время известно как «Шатиловский лес».

Первые 1000 десятин сыпучих песков облесяют под руководством И.Я. Данилевского по берегам р. Северский Донец (Харьковская губ.). В 1879 г. такие работы проводят на Арчединских, а в 1895 г. — на Терско-Кумских песках.

В 1898–1900 гг. организуют песчано-овражные партии, выполняющие основной объем работ по защитному лесоразведению в степи.

Посадки древесных и кустарниковых растений в горах (в Крыму 1874 г.; Средней Азии — 1880 г.; на Кавказе — 1891 г.) проводят при террасировании склонов.

При Крымском типе террас (прямоугольное поперечное сечение) посадки саженцев проводят по дну террас; при Кавказском и Закавказском типах (трапециевое поперечное сечение) — на полунасыпном внутреннем откосе; при Аман-Кутанском типе (напоминающем горно-вьючную тропу) — на пологом лесокультурном откосе.

Так в России зарождались идеи ландшафтного планирования и инженерной биологии на основе практических работ лесоводов и

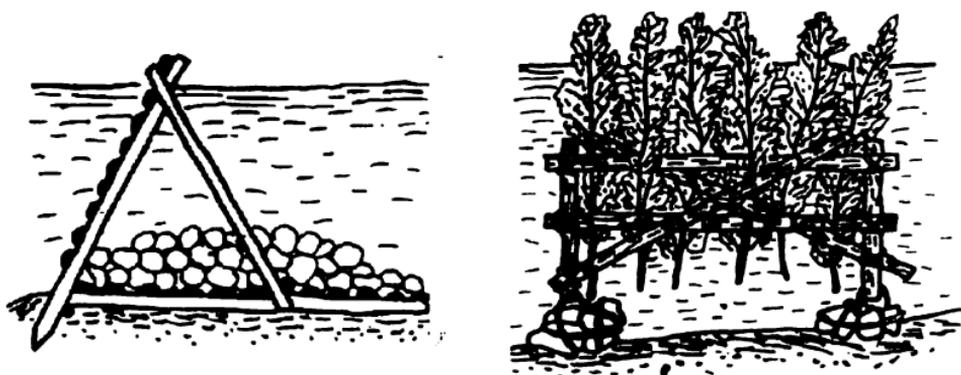


РИС. 1. Поперечные бунны, применяемые на Кавказе в прошлом (по Пашенко, 1958).



РИС. 2. Фашина «кавказского типа» (Кавказ, 20-е гг. XX в.) (по Пашенко, 1958).

агрономов, в недрах степного лесоразведения, первоначально возникшего с целью получения хозяйственно-ценной древесины. Затем настойчиво утверждается идея об использовании лесных насаждений в сельском хозяйстве, опираясь на возросшее число положительных примеров влияния леса на урожай.

В 1892 г. в книге «Наши степи прежде и теперь» В.В. Докучаев впервые научно обосновал необходимость системы инженерно-биологических комплексных мероприятий по оздоровлению «земледельческого организма» России. Основу ее составляло регулирование водного режима территории, больших и малых рек, водного хозяйства в открытых степях, на водоразделах путем заложения систем прудов по естественным ложбинам и «блюдцам», посадки живых изгородей для задержания стока, подачи артезианских вод и устройства колодцев, создания прудов в верховьях оврагов и балок и др.

Именно в работах В.В. Докучаева и руководимой им экспедиции защитное лесоразведение стало неотъемлемой составной частью благоустройства степей. В них была обоснована взаимообусловленность всех компонентов этого комплекса, впервые сформулированы научные основы преобразования открытых степных ландшафтов в фитокультурные, т.е. сформулированы принципы ландшафтного подхода к планированию инженерно-биологических мероприятий:

I. Насаждения леса в степи — по водоразделам, перевалам, наиболее открытым пространствам в виде лент и полос разной ширины из разнообразных пород деревьев и кустарников для защиты посевов сельскохозяйственных культур от сильных ветров, засухи, суховеев, уменьшения испарения почвенной влаги, более правильного распределения снежного покрова.

II. Насаждения леса в местах, малопригодных или вовсе непригодных по качеству грунта или положению для иного хозяйственного использования: на песках, легких супесях, в каменистых, рухляковых солончаковых местах, для чего подбираются соответствующие данным лесорастительным условиям деревья и кустарники.

III. Насаждения в сухих и обводненных балках с учетом качества грунтов, возможности повреждения посадок заморозками, замокания и других обстоятельств.

IV. Закрепление еще развивающихся, преимущественно мелких оврагов и обнаженных берегов речек разными способами.

V. Посадка в степях фруктовых деревьев и кустарников, а также пород, имеющих промышленное значение.

Исследования Г.Н. Высоцкого становятся научным обоснованием работ по защитному лесоразведению после принятого в 1921 г. Постановления Совета Труда и Оборона РСФСР «О борьбе с засухой», когда в течение двадцати лет было создано около 500 тыс. га лесных полос.

С 1921 г. организуют специальные опытные станции и пункты для разработки научных основ защитного лесоразведения и борьбы с эрозией почв: на Средне-Русской возвышенности — Новосильская опытно-овражная станция (Орловская обл.); на правом берегу Десны — Придеснянская опытно-овражная станция (Черниговская обл.), на правом берегу Среднего Дона Клетский опытно-овражный пункт; в г. Камышине — Камышинский опорный пункт (Волгоградская обл.) и др. Большой вклад в развитие лесной мелиорации в это время вносят А.Г. Петров, А.С. Козменко, Н.И. Манилов, Г.А. Харитонов, Н.М. Горшенин, Я.В. Корнев, В.А. Бодров, А.Е. Дьяченко, Г.И. Матякин, Б.И. Логинов, И.И. Сус, М.Е. Ткаченко.

В 1931 г. создают Всесоюзный научно-исследовательский агролесомелиоративный институт (ВНИАЛМИ), с широкой сетью опытных станций и опорных пунктов, который становится координатором всех работ по лесной мелиорации (до 1958 г. он располагается в г. Москве, в настоящее время — в Волгограде).

Ценный вклад в теорию и практику лесной мелиорации вносят сотрудники ВНИАЛМИ: А.В. Альбенский, В.Н. Виноградов, М.А. Орлов, Е.С. Павловский, П.Д. Никитин, А.М. Бялый, Н.Ф. Кулик, В.И. Петров, И.Г. Зыков, М.И. Долгилевич, Г.П. Сурмач, Е.А. Гаршинев, К.Н. Кулик и др.

После пыльных бурь и суховеев, в 1948 г. Совмином СССР и ЦК ВКП(б) принимается постановление «О плане полезащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах европейской части СССР».

За столетие последовавших широкомасштабных лесовосстановительных работ в степных и лесостепных районах европейской части СССР была создана обширная информационная база данных о многофункциональной роли различных типов защитных лесонасаждений.

По этому постановлению до 1953 г. посажено 2280 тыс. га защитных лесных насаждений (к 1956 г. сохранилось 650 тыс. га). Сохранившиеся насаждения становятся основой устойчивых и продуктивных ландшафтов степной зоны, огромной естественной

научной лаборатории по изучению теории и совершенствованию практики лесных мелиорации.

В 1960–1980 гг. обосновывают комплексное применение защитных лесных насаждений, агротехнических приемов и гидротехнических сооружений для борьбы с эрозией почв (С.С. Соболев, И.П. Сухарев и др.); формируют направление — лесные мелиорации для целей животноводства (Ф.М. Касьянов и др.); совершенствуют методы лесомелиоративной защиты железных дорог (А.А. Поветьев, Н.Г. Макарычев и др.); обосновывают необходимость лесных мелиорации орошаемых земель (А.М. Степанов, А.И. Молчанова и др.) и комплексного освоения песков (А.Г. Гаель, Н.Ф. Кулик); лесомелиорации сухих степей и полупустынь России (Г.Я. Матис и др.); лесной защиты берегов водохранилищ и иных водных объектов (В.Т. Николаенко, Ю.П. Бялович, М.В. Рубцов и др.).

Практические работы и научные исследования по созданию комплексов противоэрозионных мероприятий на водосборах развертывают после 1967 г. (А.Г. Рожков, К.Л. Холупяк, Н.П. Калининко, М.Н. Заславский и др.), когда принимают Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О неотложных мерах по защите почв от ветровой и водной эрозии».

К 1990 г. в стране создают около 6,0 млн. га лесомелиоративных насаждений, в том числе около 2 млн. га полезащитных лесных полос на пашне; 2,9 млн. га насаждений в оврагах, балках и на песках; 0,5 млн. га для целей животноводства; 0,5 млн. га на горных склонах.

В России сельскохозяйственные земли, нуждающиеся в лесомелиорации, составляют 156 млн. га (общая площадь 210 млн. га). В настоящее время здесь имеется около 2,7 млн. га защитных лесных насаждений. В 1951 году вышла в свет книга Крюденера «Инженерная биология», явившаяся важным этапом в развитии современной инженерной биологии».

Впервые в Российской Федерации учебный курс с названием «Инженерная биология» для высших учебных заведений в 2001 г. был разработан проф. Ю.И. Сухоруких. Позже этот курс был продолжен при содействии Европейского Проекта «Темпус» «Образование — основа устойчивого природопользования» совместно с немецкими и австрийскими коллегами (Ганноверский университет, Эрфуртский технологический институт, Венский университет агрокультуры). С 2006 г. в Майкопском государственном технологическом институте (ныне университете) открыта специализация «Инженерная биология и лесомелиорация ландшафтов» по специальности

«Лесное хозяйство». В 2002–2003 гг. в рамках проекта ТЕМПУС проводятся первые международные курсы повышения квалификации для преподавателей вузов и сотрудников института географии РАН. Руководителями курсов являются проф. Ева Хакер и проф. Ю.И. Сухоруких.

В ряде зарубежных стран вопросам инженерной биологии и планирования ландшафта придается большое значение. В США, например, в рамках Службы охраны почв имеется специальное Управление ландшафтами, для работы в котором привлечены архитекторы. Основная его задача — повышение эстетической привлекательности ландшафтов сельскохозяйственной местности и пригородных зон. Считается, что сельскому хозяйству наносится ущерб при уничтожении лесополос, живых изгородей, водотоков, некоторых отдельных строений и ферм в результате укрупнения полей, урбанизации, создания животноводческих предприятий (Павловский, 1988).

М. Роджерс предлагает в фермерских хозяйствах округа Мидленд (Англия) применять в защитных полосах виды деревьев и кустарников, обладающих различными полезными свойствами (быстротой роста, наличием съедобных плодов, хорошими декоративными качествами). Такие насаждения должны быть к тому же и дешевыми, производить товарную древесину и способствовать разведению фауны.

В Англии, так же как и в США, придают большое значение сохранению живых изгородей и лесных полос в условиях интенсивного использования техники с точки зрения их разнообразных полезных свойств: повышения урожая, защиты животных, разведения дичи. В то же время отмечается, что замена линейных посадок деревьев в виде изгородей и полос по границам полей посадками деревьев по неудобьям, вдоль ручьев, вокруг строений обеспечивается лучшая защита объектов от ветра и создается более привлекательный в эстетическом отношении ландшафт.

В Финляндии разработана система оценки привлекательности различных ландшафтов или эстетических ресурсов ландшафта на основе чувственного восприятия человеком окружающей его среды, физиологических свойств ландшафта. Разработаны основные критерии классификации зеленых насаждений по разным признакам, среди которых равноправное положение занимают декоративность, нормативы участия в ландшафте, рекреационные и санитарно-гигиенические характеристики.

Защитное лесоразведение в Болгарии имеет 90-летнюю историю, а работы по облесению на научной основе ведутся с 1905 г. (Георгиев, 1979). Лесные культуры противозерозийного значения создавали, в основном, на склоновых землях южных экспозиций.

Первый этап охватывает 1925–1940 гг. в Добрудже. В эти годы были созданы массивные лесные культуры преимущественно из быстрорастущих видов на землях лесного и сельскохозяйственного фондов. Второй этап полезащитного лесоразведения охватывает период с 1940 по 1950 гг. Главное для этого периода то, что в результате принятия закона о земле (1946 г.) были созданы полезащитные лесные полосы в Добрудже. Эти полосы довольно узкие — от 7,5 до 10,5 м (5–7 рядов). Посадка проводилась быстрорастущими породами — тополями, кленом ясенелистным, кленом явором, ясениями пенсильванским и обыкновенным, вязом мелколистным, акацией белой, гледичией, вишней магалевкой и др. Третий этап защитного лесоразведения в Болгарии начался с комплексного изучения и обоснования необходимости проведения агролесомелиоративных мероприятий во всей стране.

В Венгрии есть богатые традиции лесонасаждений и лесомелиорации. В 1802 г. в Венгрии — одной из первых стран мира были посажены лесополосы для защиты плодородных почв от действия ветра и для увеличения объема производства (Гал Янош, 1979). На окраине села Пуставач с 1827 по 1834 гг. была создана обширная система лесополос протяженностью 56 км, в основном из акаций и меньше — из тополей, для защиты территории площадью до 1000 га. Лесонасаждения подобных масштабов были созданы в 1830–1848 гг. в заповеднике у села Мезёхедьеш, где одновременно с устройством полезащитных полос из акации создали лесные участки по 50–100 га, расположив их в шахматном порядке. В настоящее время на территории крупных хозяйств Венгрии зарегистрировано около 60 тыс. га защитных лесонасаждений.

В Германии и Австрии выделяют следующие исторические этапы развития инженерной биологии.

Первые записи о применении деревьев относятся к временам Римской империи (30–400 гг. н.э.).

В XV веке вопросом укрепления водных каналов с помощью укладки ивовых ветвей в поперечном направлении и уходом за ними («живой берег») занимался Леонардо да Винчи.

В 1735 г. прусский король Вильгельм I доказал, что берега хорошо укрепляются при наличии ив по обеим сторонам рек и каналов.

Первые письменные упоминания об укреплении берегов фашинами относятся к 1772–1773 гг. (Зильбершлаг).

На датском побережье Северного моря и на островах Остфризланд успешно проводились «посадки песчаной травы» на всем протяжении XVIII в.

К XIX веку происходит накопление достаточного опыта, появляются ремесленные технологии. В качестве стройматериалов используют камни, почву, дерево, растения.

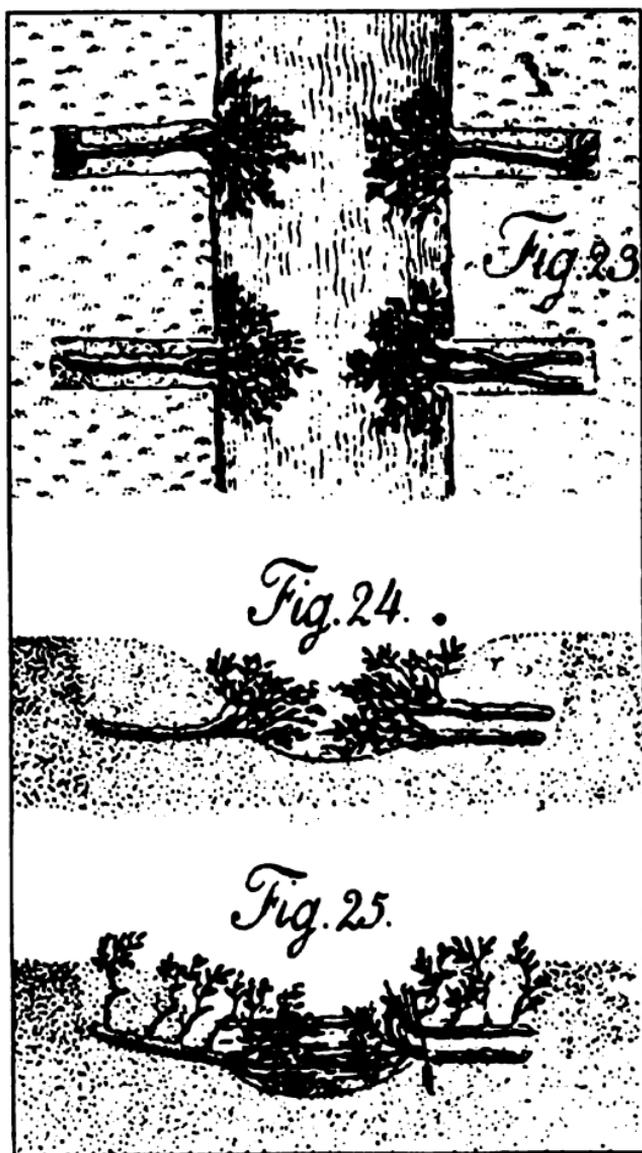


РИС. 3. Использование растений для предотвращения размыва берегов рек, рытвин и оврагов (по Вольтманну, 1791/1792).

В 1826 г. вопросами инженерной биологии в горных условиях занимался Дуиле. В своей работе «Об укреплении водных потоков в горной местности» он описывает противоселевые методы строительства, плетневые изгороди, которые были известны в XVIII в.

Демонтзей в 1880 г. впервые в своей книге описывает работы по восстановлению лесов и посеву трав в горах.

В 1820 г. Краузе издает книгу «Строительство на дюнах на побережье Балтийского моря в западной Пруссии», где он развивает свои методы и описывает наиболее успешные из них.

В 1893 г. Бургхардт разрабатывает создание инженерно-биологических сооружений из черенков тростника, а в 1900 г. Герхард издаёт «Справочник по строительству на дюнах».

В первой половине XX века сделаны первые научные обоснования применяемых в инженерной биологии ремесленных технических приёмов, обобщен накопленный опыт в строительных методах и планировании, начинают применять комбинированные инженерно-биологические сооружения с учетом местности и растительности.

Из истории первой половины XX в. можно отметить следующие вехи:

– в 1903–1908 гг. Ванг и Стин занимаются проблемой укрепления горных потоков и протоволавиными сооружениями;

– в 1910 г. выходит в свет статья «Сооружения на дюнах» в «Книге о дюнах»;

– в 1937 г. Келлер описывает свои «Ивовые гребни»;

– в период с 1938–1941 г. фон Крюденер формулирует определение «Биологическая инженерия», а по инициативе Лоренца при главном инспекторе немецких дорог учреждается «Инженерно-биологическая служба». Издаётся «Атлас характерных для местности растений» для инженеров-строителей и агрономов;

– в 1943 г. выходит в свет книга «Живые постройки» с разделом под авторством Бескера и Муссгнуг «Растение как строительный материал». В этой книге также описывается военно-техническое применение инженерной биологии.

Во второй половине XX века происходит усиление исследования известных и разработка новых инженерно-биологических методов во взаимосвязи с условиями местности, растительным покровом, растительностью, структурой грунта, проводится стандартизация, создаются инструкции и директивы, дается оценка преимуществ и недостатков инженерно-биологических методов в зависимости от местности и условий применения.

В качестве стройматериалов используются как натуральные (камни, земля, кокосовое волокно, джут, солома, растения), так и искусственные (бетон, полимеры, клей) материалы.

В 1949 г. Кирвалд начинаст укрепление горных потоков в Харце инженерно-биологическими методами, а в 1950 г. выходят в свет книги Хассентофеля «Зелёные конструкции на горных потоках» и Кирвальда «Живые конструкции и уход за водоёмами».

В 1951 г. появляется первая книга фон Крюденера «Инженерная биология», дающая описания сферы применения инженерной биологии.

В 1953 г. Биттманн описывает различные методы расселения тростника в работе «Тростник (*Phragmites communis* Trin.) и его использование в гидростроительстве».

В 1954 г. вышла в свет основополагающая работа Люкса о «Биологических основах песколюба песчаного (*Ammophila arenaria*) и булавоносца седоватого (*Corynophorus canescens*) в сооружениях на дюнах».

В 1956 г. Линке и Баух впервые открыли новую специальность «Инженерная биология» в Дрезденском технологическом институте.

В 1959 г. Линке начинает выпуск руководств по описанию инженерно-биологических методов.

В 1962 г. состоялась конференция в Кобленце о «Зелёных сооружениях в дорожном строительстве».

В 1966 г. Хиллер защитила диссертацию на тему «Практический опыт в различных методах строительства из живых материалов в оценке и выборе видов растений для глубокого укрепления на очень крутых склонах».

В 1971 г. проводились первые модельные исследования Шааршмидта и Конесни в Аахене о влиянии живых конструкций на степень надёжности склонов. Обосновываются методы определения устойчивости почв, пронизанных и не пронизанных корнями.

В 1973 г. вышла в свет основополагающая работа Шихтеля «Защитные работы в ландшафтном строительстве»: где приведены экологические, биологические, земельностроительные и технические основы методов инженерной биологии с примерами их применения на практике. Гюго Мейнхард Шихтель (1922–2002) выпустил в свет многочисленные статьи о зеленых застройках «Инженерная биология в лесном деле».

В 1981 г. по инициативе Пфлюга основано общество инженерной биологии в Аахене.

В последние 20 лет ведутся исследование в области совершенствования инженерно-биологических методов, их разностороннего применения; включая использование микроорганизмов. Продолжается разработка связи между инженерной биологией, охраной природы и ландшафтной архитектурой, ландшафтным планированием.

2. ИНЖЕНЕРНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА АГРАРНЫХ ЛАНДШАФТАХ

2.1. Аграрные ландшафты и их деградация

Аграрный ландшафт (агроландшафт) — это территориальная система, состоящая из взаимодействующих природно-антропогенных компонентов, обеспечивающих получение сельскохозяйственной продукции. Обычно агроландшафт формируют на основе природного ландшафта с учетом рельефа местности и почвенно-климатических особенностей.

По функциональному назначению агроландшафты подразделяют на полевые, лугопастбищные, лесоаграрные, садовые и др. По степени антропогенного воздействия они могут быть неосвоенными целинными, освоенными распаханными, залежными, окультуренными, мелиорированными, акультурными и деградированными (опустыненными).

Морфологической частью агроландшафта служит агроурочище, выделенное на основе мезоформы рельефа — ложбина, лощина, блюдцеобразное понижение, участок склона и т.п. В пределах агроурочища находятся агрофации (комплексы самого низкого таксонометрического ранга), выделяемые на основе уровней грунтовых вод, почвенной разности и степени деградированности, мелиоративной обстановки, биоценоза и т.п. К агрофациям относят полезащитные лесные полосы, полевые дороги, противоэрозионные гидротехнические сооружения (террасы, валы с широким основанием на пашне) и различные инженерно-биологические сооружения.

Агроландшафты испытывают негативное воздействие природных явлений в виде суховеев, засух, заморозков и морозов, ветровой и водной эрозии и пр.

Чем больше природный ландшафт преобразован человеком, тем сильнее негативные явления нарушают структуру агроландшафта и тем больше требуется вложения дополнительной энергии (к энергии Солнца) для сохранения его устойчивости и продуктивности.

Существенный вред продуктивности и устойчивости агроландшафтов наносится там, где их функциональное назначение научно

не обосновано, отсутствует адаптивное (приспособительное к условиям природной среды) хозяйствование и нарушены пределы вмешательства в природу. Предел воздействия должен обеспечивать саморегуляцию и природосберегающее антропогенное управление.

Если не соблюдать эти принципы, то в процессе эксплуатации культурные агроландшафты переходят в акультурные, а затем – в деградированные. Между культурным и деградированным состоянием ландшафты проходят несколько стадий:

Стадия экологической нормы (ЭН) соответствует слабому уровню деградации ландшафта, когда нарушения его структуры не проявлены, поддерживается почвенное плодородие, не зафиксированы процессы опустынивания, сохраняется биоразнообразие.

Стадия экологического риска (ЭР) наступает тогда, когда проявляются признаки деградации на площади до 20%, вызывая на ней падение биологической продуктивности ландшафта. Очаговая деградация при этом не угрожает общей устойчивости ландшафта.

Стадия экологического кризиса (ЭК) фиксируется при признаках деградации, проявляющихся на площади 20–50%. Это вызывает падение биологической продуктивности и устойчивости ландшафта и ухудшение его средозащитных функций.

Стадия экологического бедствия (ЭБ) соответствует деградационным процессам, охватывающим 50–100% площади ландшафта, который уже не выполняет своих средозащитных и продуцирующих функций.

Процесс деградации аграрных ландшафтов России, наблюдающийся на площади около 185 млн. га, проявляется в следующем:

- переувлажнено и затоплено 25,6 млн. га;
- заросло кустарником и мелколесьем — 10 млн. га;
- загрязнено тяжелыми металлами и радионуклидами — 5 млн. га;
- нуждается в рекультивации — 2,3 млн. га.

Процессами опустынивания охвачено около 100 млн. га сельскохозяйственных угодий, из них 52 млн. га относятся к дефляционно-опасным, 1,7 млн. га — к подверженным дефляции, 27,8 млн. га, подверженным водной эрозии и 12,3 млн. га — к засоленным.

Следовательно, деградационными процессами, в той или иной степени, затронута большая часть сельскохозяйственных ландшафтов России. При этом потребность в орошении составляет 22–29 млн. га, в агролесомелиорации — 100 млн. га.

2.2. Полезастптные инженерно-биологические мероприятия

В современных условиях при развитии сельскохозяйственного производства отмечаются общие негативные экологические последствия ряда мелиорации для окружающей среды.

Известно, что основными приемами стабилизации мелиоративного режима являются коллективно-дренажные системы (КДС), промывка почвы и агротехника. Однако, многие специалисты-мелиораторы говорят о ряде негативных экологических последствий этих приемов. Они связаны с усилением вымывания питательных веществ и пестицидов из почвы, изменении условий почвообразования, загрязнении водоемов, рек химическими и биогенными веществами, поступающими с дренажными водами, изменении гидрогеологической и гидрологической обстановки на сопредельных территориях.

Анализ существующих подходов и методов оптимизации мелиоративного режима в России, а также США, ФРГ, Канаде, Франции и др. показывают, что даже при соблюдении всех возможных технологических, эксплуатационных, организационно-хозяйственных и иных условий водная мелиорация сопровождается ускорением геологического круговорота воды и питательных веществ, снижением скорости биологического круговорота, а также падением качества сельскохозяйственной продукции. В конечном итоге это приводит к скачкообразному «переключению» мелиорируемой системы из одного стационарного состояния в другое (триггерное свойство открытых систем), которое имеет качественно более низкий уровень. Требуется поиск новых путей создания устойчивых, экологически безопасных агроландшафтов. Они должны состоять в целенаправленном регулировании мелиоративного режима непосредственно с помощью естественных сил природы, одним из главных звеньев которых выступают лесные сообщества и в частности, защитные лесные насаждения, как наиболее мощные, саморегулирующиеся и долговечные экосистемы. Их создание не требует больших капиталовложений, которые составляют всего лишь 1,5% от стоимости инженерного дренажа.

С системой защитных лесонасаждений (ЗЛН) создаются экологически надежные орошаемые агроценозы по схеме «Агроценоз – оросительные системы – лесомелиоративный комплекс – коллекторно-дренажные системы – природоохранные мероприятия», позволяющие снизить энергетическую нагрузку до 8–11 ГДж/га.

Лесомелиоративные комплексы (ЛМК) или ЗЛН используются в общей гидромелиоративной системе в качестве активного регулятора водно-солевого режима почвы, мощного фактора повышения ее плодородия, урожайности полевых культур, а в сочетании с другими приемами (агротехника, внесение микроэлементов и удобрений) и общей продуктивности агроландшафтов.

В системе лесонасаждений формируются своеобразие водно-солевой и гидрологической режимы, обеспечивающие рассоление почвогрунта за счет снегоотложения в зоне до 10–15 Н (высот насаждения) и снижения концентрации солей в 2,5 раза в верхнем метровом слое почвы. Кроме того, в зоне влияния ЗЛН уменьшается физическое испарение с поверхности почвы и соответственно экономится до 30% поливной воды.

Лесонасаждения выполняют большую гидрологическую роль в основном за счет десукции корневой системой грунтовой воды, снижая ее уровень на 0,5–0,9 м и обеспечивая расход до 1000 м/га. Это позволяет рассматривать лесомелиоративный комплекс как биодренажную систему.

При невозможности создания биодренажной системы в соответствии с расчетными параметрами ее совмещают с инженерным дренажом если ГВ залегают на глубине 2,5 м и меньше. Биодренажные системы на юго-востоке ЕТР могут быть заложены на 30%, а биоинженерные — на 70% используемых в сельскохозяйственном обороте земель.

Лесные насаждения вносят существенные изменения в водный баланс орошаемой территории, расходуя грунтовую воду. При уровне ее 2–3 м водопотребление на 1 км лесных насаждений с учетом зоны распространения корней может достигать 20–30 тыс., 3–4 м — 10–15 тыс. м³. Изменяется сумма солей в зоне аэрации и минерализация грунтовых вод. Действие лесных полос на снижение этих факторов проявляется на расстоянии 15–30 Н (высот насаждения).

Уменьшение суммы солей в почве составляет 1 т/га. Лесные насаждения при их оптимальном размещении вдоль каналов снижают фильтрационные потери на 25% и увеличивают КПД оросительной сети.

Система двурядных лесных полос из влаголюбивых древесных пород на орошаемых землях с 3%-ной облесенностью, межполосными расстояниями 400–600 м, числом деревьев на 1 км 1000–1400 шт., КПД оросительной сети 0,8, модулем естественного дренажного стока не менее 0,1 л/с/га и минерализацией ГВ до 5 г/л обеспечивает их расход до 80–100 мм и стабилизирует уровень в

ТАБЛИЦА 5. Суммарное испарение ЗЛН в 20-летнем возрасте на каштановых почвах

Древесная порода	Число рядов в ЗЛН, шт.	УГВ, м	Суммарное испарение с мая по сентябрь		
			единицей испаряющей поверхности, мм	среднем деревом, м ³	одним км насыщения, тыс. м ³
Тополь черный	1	1-1,5	578	36,5	22,3
То же	2	-»-	591	25,4	25,4
То же	4	-»-	560	15,9	18,6
Осокорь х бальзамический	2	-»-	671	16,8	23,5
Тополь пирамидальный х осокорь	2	-»-	629	20,2	28,3
Вяз приземистый	2	-»-	520	10,6	18,6
Тополь пирамидальный х осокорь	1	2,5-3,0	500	20,8	16,5
То же	3	-»-	480	13,3	20,8
Тополь черный	2	-»-	549	14,0	18,2

пределах 2-3 м, в результате чего полностью исключается вторичное засоление.

Значения суммарного испарения ЗЛН приведены в таблице 5.

В полученных результатах значение (Е) одно- и двухрядных полос не уступают, а в ряде случаев превосходят трех- и четырехрядные. Это связано, с тем, что одно-, двухрядные ЗЛН имеют практически такую же площадь листвы и более эффективно используют поступающую солнечную радиацию. Площадь листвы с максимальной освещенностью уменьшается с увеличением рядности от 89% до 38% общей площади листьев насаждения. Так называемая «теневая» листва однорядного насаждения составляет лишь 10-20%, а 3-4-х рядных 48-62 %.

Полученные значения суммарного испарения ЗЛН могут быть использованы для составления общего водного баланса орошаемого массива, но они не позволяют оценить роль системы насаждений в формировании баланса ГВ, которым в основном и определяются процессы вторичного засоления.

Синхронные наблюдения за интенсивностью транспирации, суммарным испарением, динамикой и минерализацией ГВ, показывают, что расход ГВ лесными насаждениями может достигать значительных величин. Причем, их влияние на уровень ГВ принципиально не отличается от работы закрытой горизонтальной дрены. Отличие состоит в том, что полосные насаждения «работают» циклично, в зависимости от колебаний интенсивности транспирации в течение суток. Днем, при максимальных значениях транспирации, идет резкое падение уровня грунтовых вод (УГВ). Ночью, когда транспирационный расход насаждения минимален, под полосу идет подток ГВ со стороны поля, затем цикл повторяется, но на более низком уровне ГВ.

При невозможности по каким-либо причинам (гидрогеологическим, экономическим, технологическим, организационно-хозяйственным) создать чисто биодренажную систему, способную полностью устранить вторичное засоление, в нее вводят элементы инженерного дренажа, которые компенсируют дисбаланс грунтовых вод.

Классическая схема решения задач, которая входит в класс областей, рассматриваемых в теории оптимального управления, включает следующие этапы:

- выбор критериев оптимизации мелиоративного режима;
- характеристика переменных мелиоративного режима, системы насаждений, элементов коллекторно-дренажной сети и формулировка ограничений на них;
- выделение элементов системы (подсистем) и процессов, определяющих мелиоративный режим, которые в последующем рассматриваются как единое целое;
- определение и количественная формулировка существующих взаимосвязей элементов системы лесонасаждений, коллекторно-дренажных систем с мелиоративным режимом, получение между входными параметрами отдельных процессов (уравнений, состояний);
- прогноз составляющих мелиоративного, водно-солевого и пищевого режима, баланса органических веществ, комплексный эколого-экономический анализ;
- выбор критериев оптимизации биологических и биоинженерных систем.

Создание биодренажных систем на 30% площади орошаемых земель, позволит сократить капиталовложения на 40%, объем инженерного дренажа на 20–60% и объем дренажного сброса до 60%.

Лесомелиоративный комплекс позволяет повысить КПД оросительной сети на 10 %, снизить оросительную норму на 10–20 % в зависимости от урожайности сельскохозяйственных культур и получить дополнительно продукции 8–10 ц. корм. ед./га орошаемой площади.

В настоящее время развито учение о противозрозионной инженерно — биологической системе (ПИБС) в пределах водосбора (бассейна), общее множество которой составляют различные инженерно-биологические сооружения (защитные лесные насаждения, противозрозионно-гидротехнические сооружения, растительность), а также почвозащитные технологии возделывания сельскохозяйственных культур.

Основная цель ПИБС — обеспечение устойчивости и продуктивности агроландшафтов, рационального использования земель, охрана окружающей среды и повышение биоразнообразия.

Организацию ПИБС ведут путём размещения в рельефе основных элементов — полезащитных лесных полос и гидротехнических сооружений. При размещении лесных полос с учетом горизонталей местности, организация ПИБС является оптимизирующейся, а при их размещении с учетом преимущественного направления ветров — субоптимизирующейся. В первом случае полезащитные лесные полосы называют стокорегулирующими, во втором — ветрорегулирующими (рис. 4).

Плотная лесная полоса по своему продольному профилю в облиственном состоянии не имеет сквозных просветов; продуваемая полоса в нижней трети продольного профиля имеет 60–70% просветов; ажурная — обладает просветами, занимающими 15–45% фронтальной площади.



РИС. 4. Классификация полезащитных лесных полос.

Транзитная лесная полоса пропускает через себя ручейки местного сока, снижая скорость и освобождая их от продуктов эрозии. Водозадерживающая лесная полоса, сочетаясь по нижней опушке с земляным валом или валом — канавой, накапливает излишки стока и образует прудки воды под своим пологом. Водонаправляющая лесная полоса, сочетаясь с земляными сооружениями и размещаясь в рельефе с уклоном, обеспечивающим не размывающие скорости течения воды, направляет излишки стока к месту их безопасного сброса (задернованные ложбины, вершины балок и др.). Характеристика лесных полос приведена в таблице 6.

ТАБЛИЦА 6. Общая характеристика лесных полос

Подвид	Основное назначение	Конструкция	Сквозные просветы по фронту, %	Øдейств, м
Полезщитные полосы				
Ветрорегулирующие	Регулирование ветрового потока	Плотная	< 15	9–15
		Ажурная	15–45	9–15
		Продуваемая	60–70*	9–15
Стокорегулирующие	Регулирование поверхностного стока	Транзитная (ажурная)	15–45	9–15
		Ветрозадерживающая (плотная)	< 15	9–15
		Водонаправляющая (плотная)	< 15	9–15
Приовражные полосы				
Приовражная	Предупреждение овражной эрозии	Плотная	< 15	15–30
Прибалочная	Мелиорация агроценозов балки и прилегающих склонов	Плотная	< 15	15–30
Прирусловая	Охрана рек	Плотная	< 15	15–30

* Сквозные просветы в нижней части продольного профиля (фронта).

Ветрорегулирующие и стокорегулирующие лесные полосы могут быть комбинированными: ажурно-продуваемыми, водозадерживающие — водонапрявляющими и др.

Основные полезащитные (ветрорегулирующие) лесные полосы размещают на склонах крутизной $< 2^\circ$ поперек преимущественного направления метелевых или суховейных ветров. Расстояние между ними ($L, м$) определяют по соотношению:

$$L = C_d \cdot H \cdot \cos b / (1 + K i), \quad (1)$$

где: C_d — коэффициент двухстороннего мелиоративного влияния лесных полос; H — высота лесной полосы, м; K — коэффициент мелиоративного влияния; b — угол отклонения направления вредоносного ветра от перпендикуляра к лесной полосе, град; i — уклон (tg крутизна склона).

Средние значения показателей формулы (1) приведены в таблице 7.

После расчетов (расстояние округляют до десятков метров), трассы лесных полос размещают в рельефе, ориентируясь на границы ландшафтных поясов. Расстояние между вспомогательными лесными полосами (размещенными поперек основных) принимают равными 1500–2000 м.

Ширина междурядий в сухой степи принимают равной 3–5 м, засушливой и умеренно засушливой степи — 3 м; расстояние между сеянцами в рядах могут изменяться от 1 до 1,5 м.

Полезащитные (стокорегулирующие) лесные полосы размещают на присетевой ландшафтной полосе (крутизна склонов до 6°), ориентируясь на горизонтали местности (параллельно-контурное размещение). По нижней опушке их сочетают с валами или валами-канавами, шириной около 3 м. Глубина канавы равняется 0,5 м; ширина по верху — 0,75 м; заложение откоса со стороны лесополосы — 0,5 м; со стороны вала — 1; рабочая высота вала $h_p = 0,8$ м.

Расстояния между стокорегулирующими лесными полосами ($L, м$) определяют по формуле:

$$L = V_n^2 K_{лн} / m^2 C \quad \times K_{фнс} \quad (2)$$

где: V_n — неразмывающая скорость течения воды для зяблевой вспашки, м/с; $K_{лн}$ — средний коэффициент двухстороннего влияния лесных полос для склонов; $m = 1 \div 2$ — коэффициент ложбинности склона; $C = 7 \sqrt{i + 30} \sqrt{i}$ — коэффициент, зависящий от крутизны и шероховатости поверхности склона; χ — интенсивность осадков, м/с; s — коэффициент стока; $K_{фнс}$ — коэффициент формы

профиля склона (прямая форма $K_{фнс} = 1$; вогнутая — $0,7+1,0$; выпуклая — $1+1,25$).

ТАБЛИЦА 7. Средние значения показателей лесных полос для склонов крутизной $0,5-2^\circ$

Конструкция	H, м	C_1	K	L, м
Обыкновенные черноземы				
Плотная	16,0	1,1	15	233-173
Продуваемая	15,0	1,3	20	332-230
Ажурная	16,0	1,5	25	493-320
Южные черноземы				
Плотная	14,0	1,2	20	286-198
Продуваемая	13,0	1,3	20	288-199
Ажурная	13,0	1,6	25	427-288
Каштановые почвы				
Плотная	9,0	1,3	20	199-138
Продуваемая	8,0	1,4	25	230-150
Ажурная	9,0	1,6	30	242-211
Светло-каштановые почвы				
Плотная	6,0	1,3	20	133-92
Продуваемая	6,0	1,5	25	185-120
Ажурная	6,0	1,7	30	243-149

Примечание: $\text{tg } 0,5^\circ = 0,0087$; $\text{tg } 1^\circ = 0,0175$; $\text{tg } 1,5^\circ = 0,0262$; $\text{tg } 2^\circ = 0,0349$; $\beta = 90^\circ$.

ТАБЛИЦА 8. Средние значения показателей для определения расстояния между стокорегулирующими лесными полосами

Почвы	V_w , м/с для гранулометрического состава			C	s
	легкого	среднего	тяжелого		
Черноземы обыкновенные	0,12	0,16	0,19	$30\sqrt{v}$	0,5
Черноземы южные	0,11	0,14	0,15	$30\sqrt{v}$	0,5
Каштановые	0,09	0,13	0,15	$20\sqrt{v}$	0,6
Светло-каштановые	0,07	0,09	0,11	$20\sqrt{v}$	0,6

Средние значения показателей уравнения (2) приведены в таблице 8.

Используя округленные до десятков метров расчетные расстояния, намечают трассы стокорегулирующих лесных полос, начиная от бровки балки (прибалочной лесной полосы) вверх по склону.

2.3. Противозерозионные инженерно-биологические работы в балках

Непосредственно в балках создают инженерно-биологические системы, служащие подсистемами ПИБС речного бассейна.

Балочная ПИБС характеризуется оптимальными параметрами: площадь лесных насаждений — 30÷40 % общей территории балки; агроценозов (сеяные травы и природные кормовые угодья) — 40÷50%; дикой флоры и водной поверхности — 10÷30%.

Прибалочную лесную полосу создают выше бровки балки, ограничивая её от вершины до устья. Кустарники размещают в опушечных рядах или чередуют с деревьями в ряду через посадочное место (5–10 рядов деревьев и кустарников с междурядьями 2,5–3 м, расстояния между посадочными местами в ряду — 1÷1,5 м).

На балочных склонах крутизной до 12° создают системы горизонтально-параллельных лесных полос шириной 6–9 м по напашным террасам (шириной 2,5–3 м), а на склонах 15–40° — по ступенчатым (нарезным) террасам. Межтеррасные участки склонов отводят под травянистые ценозы.

На балочном днище образуется аккумулятивное пространство с толщей наносов, которое называют псевдопоймой и используют под сеяные травы или плодовые насаждения. При этом поперек балочного днища высаживают насаждения-илофилтры (шириной 20–50 м) из кустарников и деревьев. Расстояния между соседними илофилтрами определяют по формуле:

$$L_{ин} = 264,2/i^{0,676} Z^{0,689} \quad (3)$$

где $L_{ин}$ — расстояние между илофилтрами по балочному тальвегу, м; i — уклон тальвега, tg крутизны; Z — отношение объема аккумуляции к объему эрозии на днище балки.

Донный размыв балочного днища прекращается при $Z = 100$, а при $Z = 500$ формируется устойчивая псевдопойма.

2.4. Водный режим ландшафтов

Осадки выпадают в виде дождя, тумана, снега или града. На поверхности земли они промежуточно задерживаются растительностью, а также в понижениях. Эта влага может испаряться или попадать на поверхность почвы. Часть осадков стекает по поверхности земли, особенно при значительных осадках. Другая часть просачивается в почву. В зоне досягаемости корней растений эта вода может быть снова поглощена и испарена. Оставшаяся часть питает водные источники или грунтовые воды. Поверхностные водоёмы собирают как поверхностную воду, так и воду источников. Схема ПИБС бассейна малой реки изображена на рис. 5.

На естественный водный режим сегодня оказывают воздействие многочисленные антропогенные изменения. Сильное влияние имеют:

- изменение растительности (вида, состава растительности, степени растительного покрова и проч.);
- изменение рельефа;

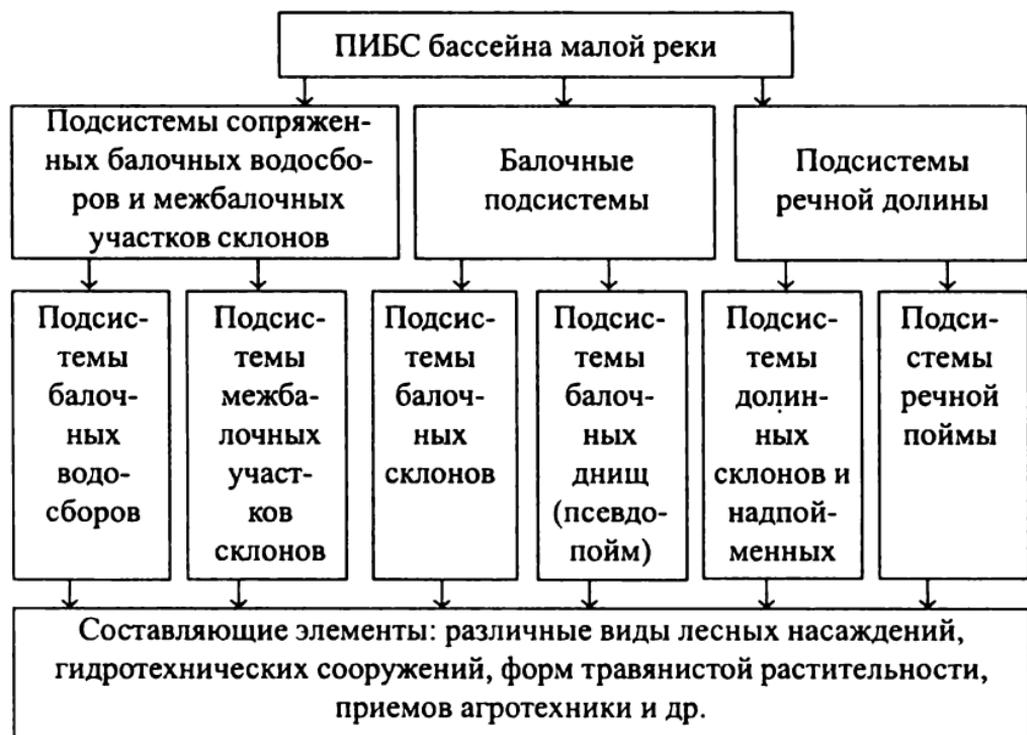


Рис. 5. Иерархия ПИБС бассейна малой реки.

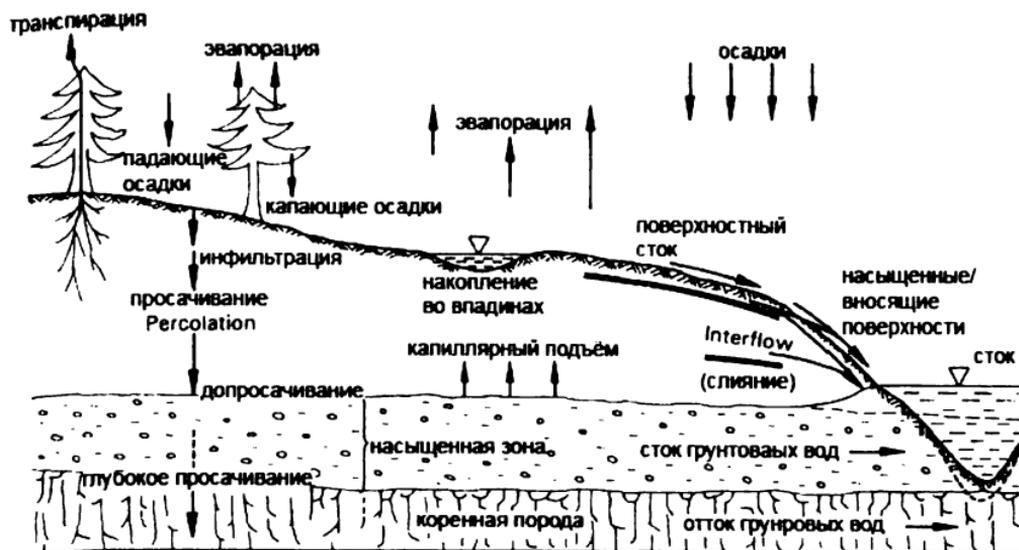


РИС. 6. Схематическое изображение водного режима (Bronstert, 1994; Mendel, 2000).

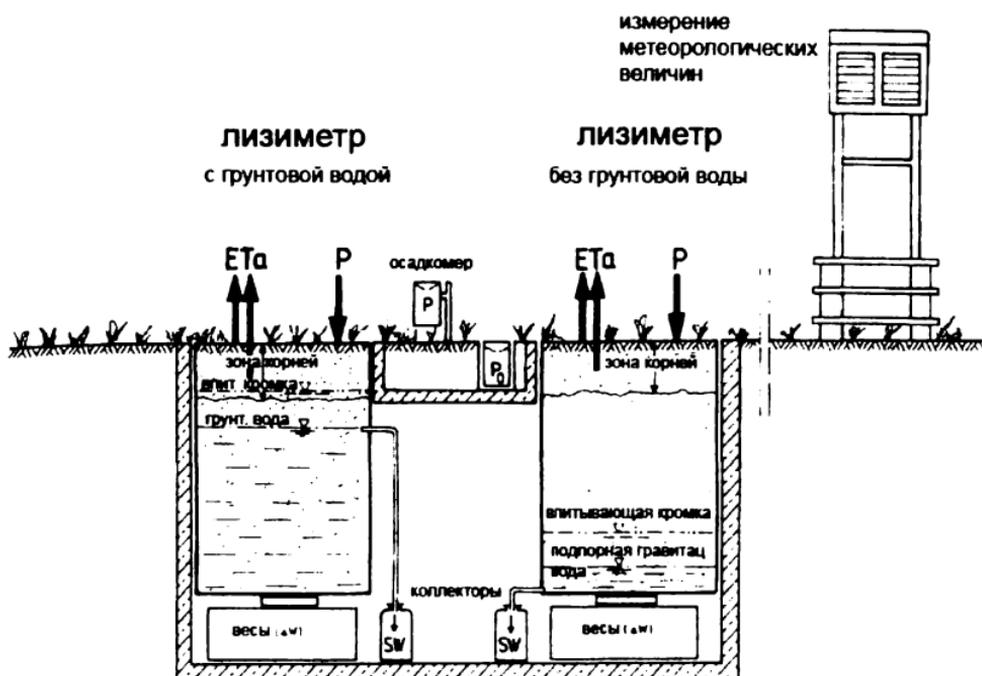


РИС. 7. Взвешиваемый лизиметр (DVWK 1996: Merkblatt 238) Определение испарения с земной и водной поверхности. Wirtschafts — und Verlagsgesellschaft Gas- u. Wasser mbH Bonn.

- застройка территории;
- строительство на водоёмах;
- плотины и паводковые задерживающие водохранилища.

Отдельные элементы для небольших гомогенных территорий могут быть определены лизиметром.

В бассейнах осадки на данной территории и поверхностный сток измеряются на одном водомерном посту. На основе многолетних данных могут быть получены средние уровни испарения.

Для инженерной биологии основное значение имеют следующее воздействие растительного покрова на водный режим:

Густые, многоярусные древостои или заросли карликовых кустарников задерживают при одноразовом выпадении осадков около 4–6 мм осадков за счет листвы. У низкорастущей растительности, например, травянистой растительности, эти показатели значительно ниже и составляют 1–2 мм.

Наряду с преломлением кинетической энергии и скорости осадков густой растительный покров влияет на глубину просачивания. Кроме задержания влаги листьями, стволами особое значение имеет активное испарение с поверхности растительного покрова. В таблице 9 указаны эти показатели для некоторых видов деревьев. Из этого следует, что гомогенный растительный покров способен перераспределять до 75% годовых осадков и только незначительное количество воды идет на формирования стока и просачивания в глубину.

Деревья и кустарники расходуют почвенные запасы сильнее по сравнению с травянистыми растениями и территориями, частично заросшими или без растительности. Поэтому почвы под растительностью имеют, как правило, меньшее предварительное увлажнение и более устойчивы к разрушительному воздействию осадков.

ТАБЛИЦА 9. Диапазон годовых сумм осадков, задерживаемых кроной и расходующихся на транспирацию некоторыми видами деревьев, мм (выборочно из Lyg et al., 1992)

Вид	Берёза	Бук	Лиственница	Сосна	Ель (пихта)
Задержка кроной	240	220	нет данных	160–300	140–300
Транспирация	430–480	320–600	460–580	240–480	390–450

Для планирования инженерно-биологических мероприятий нередко требуется определить паводковый сток.

Для малых площадей водосбора $A_E < 3,0 \text{ км}^2$ часто имеются приблизительные данные для соответствующей природной территории или используются соответствующие уравнения.

На участках с высокой степенью застройки часто применяют метод, используемый для расчетов ливневой канализации и городском водном хозяйстве.

Средние площади водосбора рассчитываются сегодня обычно с помощью компьютерных моделей, так называемых моделей осадков/стока. При этом исходят из измеренных и статистически обработанных показателей ливневых осадков.

К распространённым относятся метод SCS (США) и метод LUTZ (Германия).

Простой моделью является Унит Гидрограф (Unit Hydrograph). При этом исходят из того, что кратковременные эффективные осадки воздействуют на всю территорию одновременно и равномерно. Территория осадков делится **изолиниями** — линиями одинакового времени стока, по которым строится линия прохождения стока. Затем ее корректируют с учетом конкретных условий.

На реках с большой площадью водосбора, как правило, находится водомерный пост, на котором гидрологической службой на протяжении десятилетий проводятся замеры и их обработка. При расчетах используют эти данные.

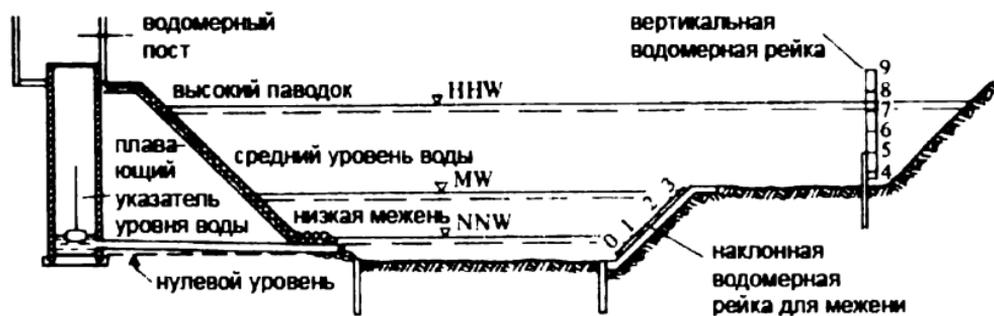


РИС. 8. Водомерный пост с плавающим измерителем (Rossert, 1984).

2.5. Гидрологические расчеты в инженерной биологии

В разделе приводятся основы гидрологических расчетов и методы, применяемые в Германии для проектирования инженерно-биологических работ на водоемах.

На все сооружения, которые частично или полностью погружены в воду, действует сила гидростатического давления воды (ГСД). Гидростатическое давление обладает двумя свойствами: 1) ГСД действует всегда нормально к площади, воспринимающей давление, и является сжимающим; 2) Величина ГСД в любой точке не зависит от ориентировки (угла наклона) площади, а зависит от местоположения точки (глубине ее погружения). Величина компонентов давления воды является продуктом ее удельного веса и глубины. Под водой вес твердых тел уменьшается под силой выталкивания

$$\begin{aligned}G' &= G - A \\G' &= V * (\gamma - \gamma_w) \\G' &= V * \gamma'\end{aligned}\quad (4)$$

где G' — собственный вес; G — собственный вес под силой выталкивания; A — сила выталкивания; V — объем; g — удельный вес; g' — удельный вес под силой выталкивания; g_w — удельный вес воды

В инженерной биологии используют такие строительные материалы, как фашины, бревна и т.д. Для предотвращения всплытия, перемещения, их укрепляют сваями, кольями в зоне среднего или высокого уровня воды, а в воде укрепляют камнями.

На фашину, находящуюся под водой действуют ее масса (G), сила выталкивания (A), сила сцепления сваи с грунтом (P).

Участок склона или берега под действием давления воды, силы выталкивания, массы может обрушиться. При паводках, наводнениях склоны и берега находятся в критическом состоянии из-за повышенного давления грунтовых вод. Это воздействие представлено на рисунке 10.

Растительные зоны на водоемах

Растительные зоны растений образуются на водоемах в зависимости от частоты разлива, уровня воды. Очень четко они просмат-

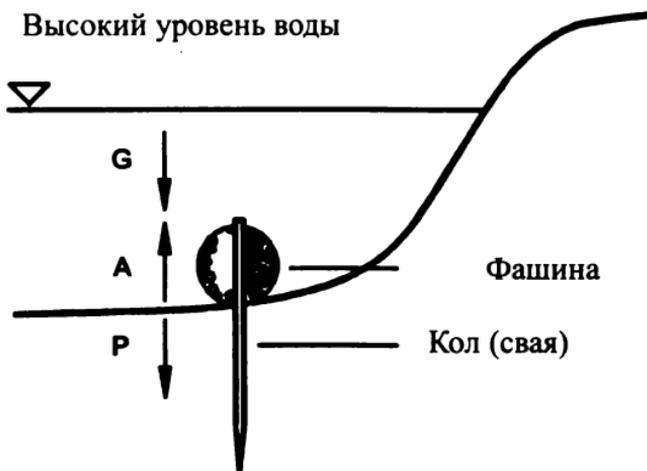


РИС. 9. Береговая фашина при высоком уровне без течения.

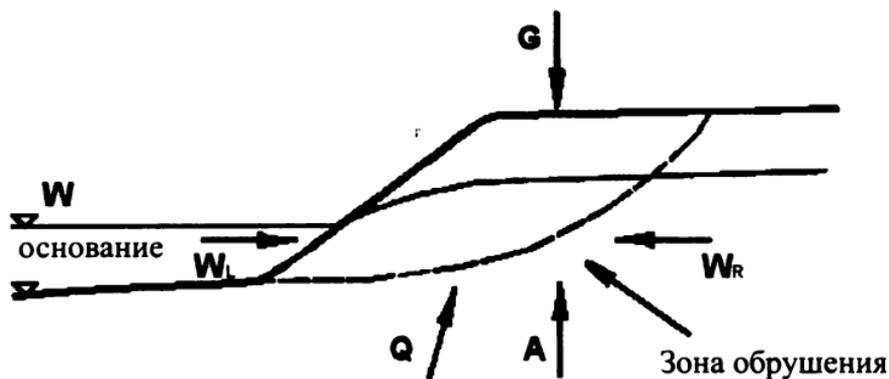


РИС. 10. Возможное обрушение берега под воздействием внешних сил, где, W_L = давление воды слева, W_R = давление воды справа.

риваются на больших реках с сильным колебанием уровня воды. При планировании берегоукрепления инженерно-биологическими методами их следует учитывать. Зонирование растительности, принятое в Германии для целей инженерной биологии приведено на рис. 11, 12.

На водоемах с сильным колебанием уровня воды (Центральная Европа) в мягко-лиственной зоне доминируют ивы, поскольку они переносят длительные паводки, высокий уровень подъема воды и длительные засушливые периоды.

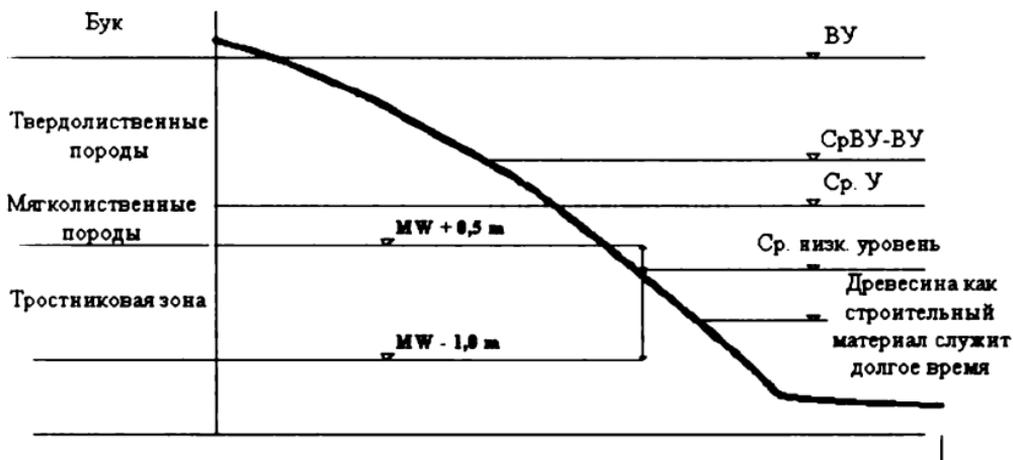


РИС. 11. Зонирование растительности на водоемах с незначительным колебанием уровня воды (Германия).

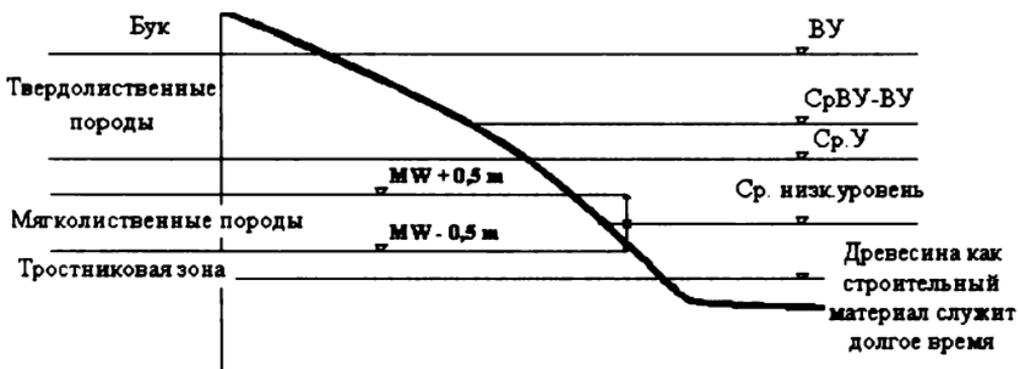


РИС. 12. Зонирование растительности на водоемах с сильным колебанием уровня воды.

Гидротехнические понятия и закономерности

Речной сток во времени может быть постоянным и непостоянным. При постоянном течении сток Q [$\text{м}^3/\text{сек}$] в период определенного времени t [сек] на определенном пункте не изменяется.

Расходы при наводнении с низким и средним уровнем воды бывают относительно постоянными. Расходы резко изменяются в периоды половодий и паводков. Осуществление строительных мероприятий на реках требует выполнение гидравлических расчетов, учитывая изменение расхода при наводнениях.



РИС. 13. Виды течений.

Состояния потока — Формула Фруда

Вода может втекать в реку, т.е. средняя скорость течения меньше, чем скорость мелких волн по зеркалу воды. Сток может усиливаться (стремительный), если средняя скорость течения больше, чем скорость мелких волн. Различаются состояния потока по течению поверхности воды, например, по бросанию камня. При этом образуются мелкие волны. При бурном состоянии волны увеличиваются, при спокойном — нет.

Скорость волны представлена границей между потоком в бурном и спокойном состоянии и называется скоростью границы V_{gr} .

В гидравлике состояния потока описаны формулой Фруда (Froude). Она определяет квоту средней скорости течения к скорости расходящихся волн и таким образом, позволяет оценить состояние потока.

$$Fr = v / v_{gr} \quad (5)$$

где $Fr > 1$: Поток находится в бурном состоянии; $Fr < 1$: Поток находится в спокойном состоянии; $Fr = 1$: В этом случае состояние потока определяется по потоку ($m^3/сек$), ускорению свободного падения и геометрии поперечного сечения (разреза).

Между $0,8 \leq Fr \leq 1,3$ могут быть установлены волнообразные стоки. Состояние воды и скорости течения очень сильно колеблются.

Уравнение непрерывности

Уравнение непрерывности действует для установившегося движения. Поскольку расход Q постоянная единица, то при различных

живых сечениях потока A , произведение из поперечного сечения A и скорости потока V должен быть постоянным.

Сохранение энергии — уравнение Бернулли

Сохранение энергии твердого физического тела действует также и для гидравлики русла (по Бернулли).

$$Q = \text{const} = v_1 * A_1 = v_2 * A_2 \quad (6)$$

где Q — расход — проток; v_1 — скорость течения в профиле 1; v_2 — скорость течения в профиле 2; A_1 — живое сечение потока 1; A_2 — живое сечение потока 2.

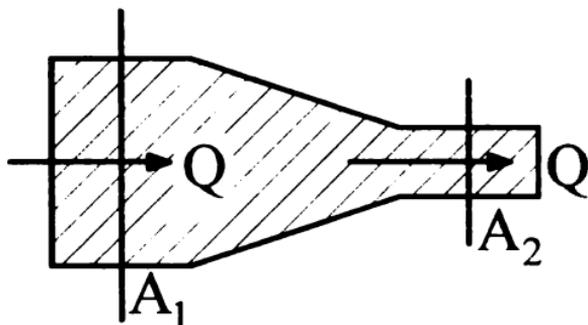


РИС. 14. Схема поперечного профиля русла.

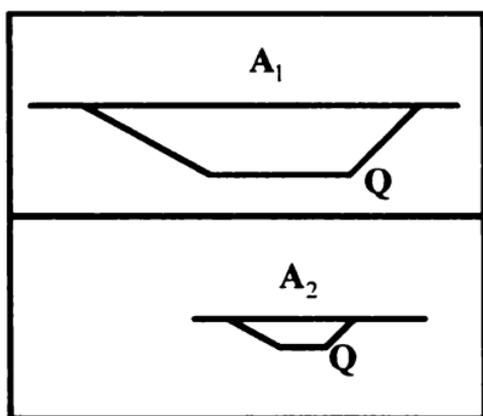


РИС. 15. Схема продольного профиля русла A_1 и A_2 .

Полная удельная энергия складывается из потенциальной и кинетической энергии, а также потерь энергии. В инженерно-биологических расчетах обычно энергия Джоуля не имеет большого значения.

На основе энергии, массы и ускорения свободного падения получают равенство величины энергии (водяной столб), которое для планирующих инженеров имеет большое практическое значение. Величину энергии наносят как линию по продольному разрезу реки и получают на исследуемом протоке общую величину энергии, как сумму кинетической и потенциальной величины энергии в каждом участке. Уклон этой линии — напорной линии энергии (l_E) — важный параметр планирования при дальнейших гидравлических расчетах.

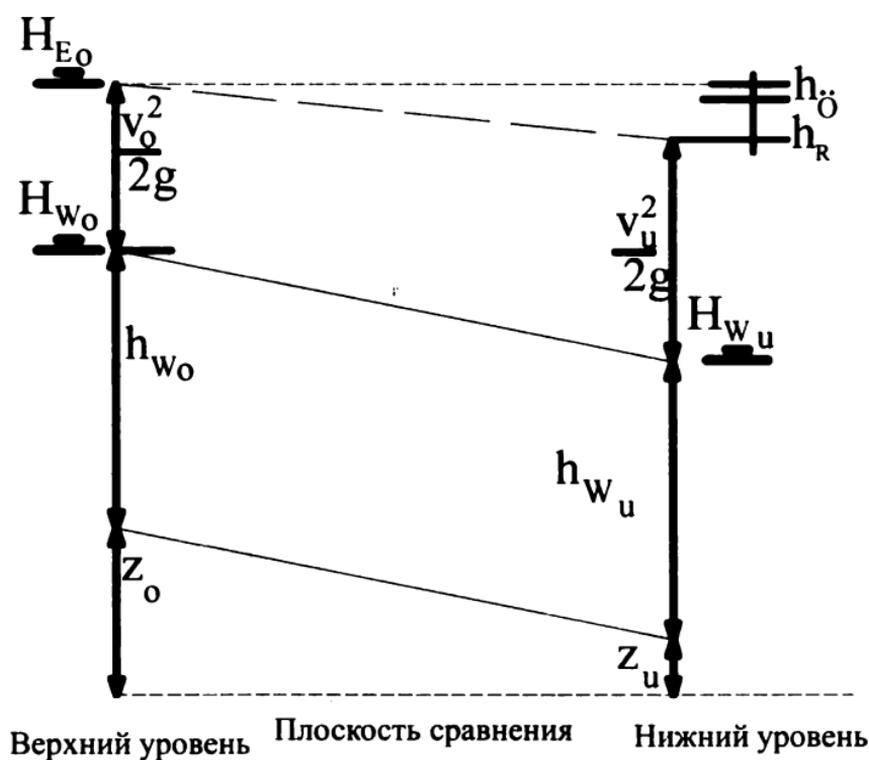


РИС. 16. Схема кривых линий по Бернулли в продольном разрезе. H_E — высота напорной линии энергии над уровнем моря. H_w — высота пьезометрической линии над плоскостью сравнения. z — геометрическая высота. h_r — потери энергии из-за трения (длительного) между профилем 1 и 2. h_o — местные потери энергии, например, из-за поворотов, расширения и т.д. h_w — пьезометрическая высота. v — средняя скорость течения. $h_v = \frac{v^2}{2g}$ — кинетическая высота энергии (скоростной напор).

Общая формула энергии по Бернулли (см. Шредер (Schroeder, 1998):

$$H_{Eu} = H_{wu} + \frac{v_u^2}{2g} = z_u + h_{wu} + \frac{v_u^2}{2g} \quad (7)$$

$$H_{Eo} = H_{wo} + \frac{v_o^2}{2g} = z_o + h_{wo} + \frac{v_o^2}{2g} = z_u + h_{wu} + \frac{v_u^2}{2g} + h_R + h_o \quad (8)$$

Потенциальная энергия определяется зеркалом воды, кинетическая энергия — разницей от линии энергии до зеркала воды. Сильные потоки по линии энергии обозначают места с высокими выделениями энергии, а также сильной опасностью образования эрозии на подошве и на берегу.

При спокойном состоянии можно определить зеркало воды верхнего профиля при помощи уравнения Бернулли по известному уровню воды нижнего профиля поперек направления течения, если известна геометрия стока и русла. При бурном состоянии потока расчет производят по направлению течения.

Импульс и сила опоры

Поток импульсов в твердых телах находятся также и в силе подпирания гидравлики русла. С помощью силы опоры можно выравнивать ход течения снизу и сверху гидравлического воздействия (от бурного состояния к спокойному). Сила опоры (подпирания) в обоих профилях одинакова и образуется из суммы силы давления воды и силы импульса.

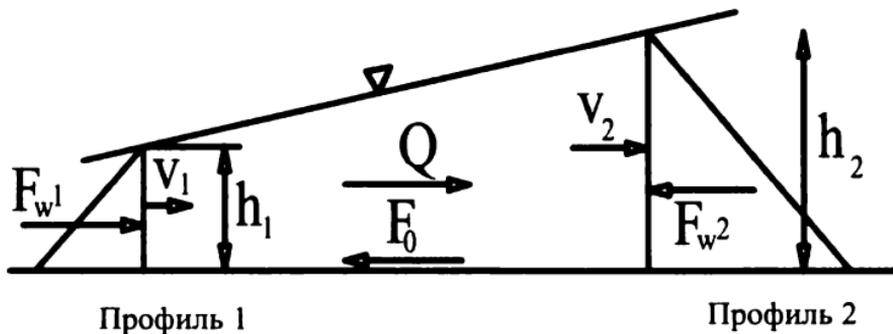


РИС. 17. Схема опорной силы (сила подпирания). Q — сток ($\text{м}^3/\text{сек}$), h — высота зеркала воды над подошвой, v — скорость течения ($\text{м}/\text{с}$), F_w — сила давления воды (KN), F_o — напряжение сдвига подошвы (KN).

при расчете перехода от сильного потока верхнего горизонта воды к умеренному потоку нижнего горизонта воды.

Расчет высоты зеркала воды и скорости течения по данным профиля реки и стоков

Задачей гидротехники и инженерной биологии является расчет или оценка состояния уровня воды и средней скорости течения по данным профиля реки и расходов Q ($\text{м}^3/\text{сек}$).

Формула скорости течения по Маннингу-Стриклеру (см. Шрёдер, Рёмиш (Schroeder, Roemisch, 2001).

$$v = \alpha * k_{\text{СТ}} * r_{\text{гн}}^{2/3} * I_{\text{Е}}^{1/2} \quad (9)$$

где, α — коэффициент нерегулярности (неравномерности); $k_{\text{СТ}}$ — коэффициент Маннинга-Стриклера; $r_{\text{гн}}$ — гидравлический радиус; $I_{\text{Е}}$ — гидравлический уклон.

Коэффициент неравномерности α по Шрёдеру и Рёмишу (2001) указывает на нерегулярность профиля, движения, структуры берега и дна. Он определяется по таблицам (табл. 10).

Коэффициент шероховатости по Стриклеру $k_{\text{СТ}}$ указывает на шероховатость берега и дна, он выбирается на основании имеющихся данных в таблице 11. Также целесообразно рассчитывать при сильно меняющихся расходах, например, стоки среднего горизонта воды или высокого горизонта с различной шероховатостью. Структура, которая при среднем уровне воды очень шероховатая (например, из-за травы), может быть классифицирована как гладкая при сильном паводке.

Гидравлический радиус $r_{\text{гн}}$ является отношением площади поперечного сечения стока A [м^2] к смоченному периметру $L_{\text{в}}$ [м] также частей берега и подошвы, которые при данном уровне воды находятся под водой.

Гидравлический уклон $I_{\text{Е}}$ определяют из точного расчета положения зеркала воды по равенству Бернулли, а также учитывая силу опоры (подпираания).

При высокой степени риска или неравномерных стоках в каждом отдельном случае должен проводиться расчет положения зеркала воды.

Для приближенных расчетов гидравлический уклон $I_{\text{Е}}$ можно определить по отметкам уровней воды или по уклону дна при равномерном движении.

**ТАБЛИЦА 10. Коэффициент неравномерности α
по Шрёдеру-Рёмишу (Schroeder, Roemisch, 2001)**

Вид водоема	α
Бетонный канал(бетонная заливка по месту, готовые бетонные части, бетонные плиты)	1,0
Каналы правильной формы в земле, в песке и гальке	0,9
Искусственное русло, грубые неровности сглажены вручную	0,9
Искусственное русло без улучшений	0,8
Искусственное русло с немного неравномерным сечением	0,7
Редко очищаемые каналы	0,6
Каналы с отложениями и частично осыпавшимися откосами	0,6
Очень неравномерные водоемы с течением	0,6

Оценка участков водоема с учетом эрозии и отложений

Результаты исследований учитывают при планировании инженерно-биологических методов укрепления объектов. На этом этапе также учитывают состояние потока по Фрудру.

При неравномерном движении проводят расчеты уровня воды.

Средняя скорость течения является важным параметром при оценке эрозионной стабильности. Она определяется по формуле течения или расчетом уровня воды. При замерах обрывистого, (абразионного) берега речной излучины необходимо учитывать фактор усиления по Шрёдеру и Рёмишу (2001).

$$v_k = v_M * \epsilon \quad (\text{м/с}) \quad \text{с } \epsilon = 1,0 \text{ до } 1,7 \quad (10)$$

При оценке эрозионной стабильности учитывают касательное напряжение и среднюю скорость течения. Моделью для касательного напряжения является буксировка тяжелого предмета по дну водоема.

Физически формула базируется на механическом осадке (наросте) оползня по наклонной поверхности (по Шрёдеру, 1998).

ТАБЛИЦА 11. Коэффициент Маннинга-Стриклера k_{ST}
 (значение по Вендехорсту Wendehorst, 1998, по Муту Muth, 1991 и по
 Рёссерту Rossert, 1999)

Вид водоемов	k_{ST} – Wert	Quelle
Естественные водоемы	$m^{1/3}/s$	
Равномерное, прочное дно	35–45	M
Небольшие наносы	30–35	M
Валуны	20–30	M
Древесная поросль (широкая полоса)	25–30	M
Древесная поросль (узкая полоса)	20–25	M
Кустарник со стороны воды	25–30	A
Незакрепленные котлованы (рытвины)		M
Равномерное, прочное дно	40–60	M
В плотном песке	50	M
В гальке	30–45	M
Дно из щебня	25–30	M
Слегка поросшее травой	25–30	M
Густо поросшее травой	10–20	M
Заросшее	5–10	M
Река с прочным дном, без неровностей	40–42	R
Река с небольшими наносами	35–38	R
Река с валунами и неровностями	30	R

ТАБЛИЦА 11 (окончание)

Река с крупными наносами	28–30	R
Пойма с различной растительностью	20–25	R
Горный ручей с крупными валунами, Стоячие наносы	25–28	R
Горный ручей с крупными валунами, Наносы в движении	19–22	R
Земляные каналы		R
Плотный материал, гладкий	60	R
Плотный песок с небольшой примесью глины или щебня	50	R
Дно из песка и гальки, береговые склоны облицованы	45–50	R
Мелкая галька	40	R
Крупная галька	35	R
Суглинок	30	R
Покрыто крупными камнями	26–30	R
Песок, суглинок, галька, сильно заросшие	20–26	

$$\tau_{S,P} = \epsilon * \rho * g * r_{thy} * I_E \cdot \frac{N}{m^2} \quad (11)$$

где ϵ — коэффициент заложения откоса, берега речной излуины;
 ρ — плотность воды; γ — ускорение свободного падения.

При осадке от 20% максимального касательного напряжения дна на уровне зеркала воды, необходимо учитывать также воздействие сплавного леса.

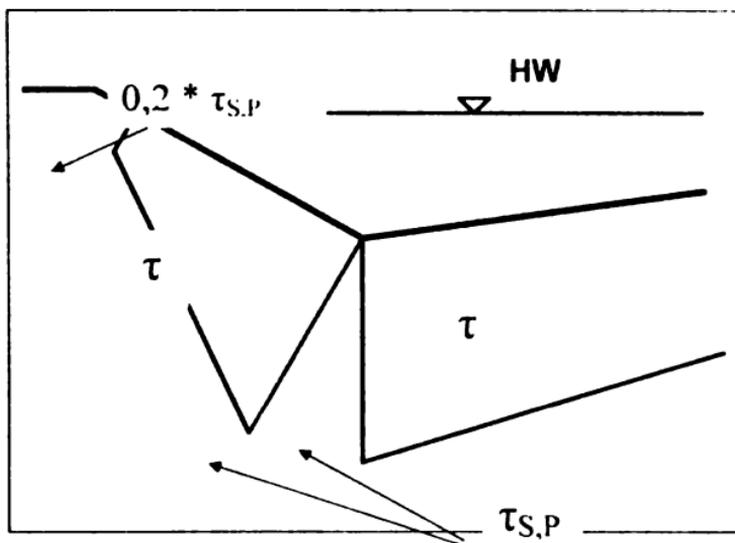


Рис. 18. Схема касательного напряжения дна τ_s и склона $\tau_{s,p}$ трапециевидного профиля на обрывистом (отвесном), (абразионном) берегу речной излучины.

ТАБЛИЦА 12. Коэффициент заложения откоса ϵ по Шрёдеру и Рёмишу (Schroeder, Roemisch, 2001)

Вид водоема	ϵ
Прямые отрезки	1,00
Слегка абразионный берег	1,10
Средне абразионный берег	1,35
Сильно абразионный берег, острова и т.д.	1,70

ТАБЛИЦА 13. Эластичность растений на берегах

Вид водоема	допустимая скорость течения $v_{zul} \frac{m}{s}$	допустимое касательное напряжение $\tau_{zul} \frac{N}{m^2}$	источники, примечания
Черная ольха по возможности при качестве воды III		88,0	Wiegleb
Ивы, ольха		80–140	Eved, 1982
Корни черной ольхи при качестве воды II		20,0	Begemann, Schichtl, 1994
Ивовый кустарник на прямых горных реках выше среднего уровня воды	3,5–4,0	100,0–140,0	Eved 1982 und LfU ² , Баден- Вюртемберг 1996
Ивы	2,0–3,0	100,0–150	Мут, 1991
Травяной покров на прямых реках, заливаемый на длительный период, сев. Германия	1,5	15,0	DIN 1966 1 Teil 2 и многочис- ленные авторы Германии
Газон, заливаемый на долгое время	1,0–1,5	15,0–20,0	Мут, 1991
Травяной покров в Энце около Пфорц- хайма, прямое течение	1,8–3,5	40–60	LfU Баден- Вюртемберг 1996
Травяной покров на прямой реке, заливае- мый на короткий период, Север Германии	2,0	30,0	Дин 19661, часть 2 и многочислен- ные авторы из Германии
Газоны, покрытые водой	1,5–2,0	20,0–50,0	Мут, 1991
Дерн со щебнем в Энце вблизи Пфорц- хайма	1,5	30,0	LfU Баден - Вюртемберг 1996
Заросли тростника на ручье с прямыми	2,0–2,5	55,0–56,0	LfU Баден- Вюртемберг 1996

ТАБЛИЦА 13 (окончание)

Вид водоема	допустимая скорость течения $v_{zul} \frac{m}{s}$	допустимое касательное напряжение $\tau_{zul} \frac{N}{m^2}$	источники, примечания
берегами в Энце вблизи Пфорцхфйма			
Манник водный, Мунстерланд (Эмс), водоемы с песчаным дном до 20 см ниже среднего горизонта воды	0,3–0,4	5,0–10,0	IfB ³ 1996

1. EVED — Государственный департамент транспорта и энергетики.
2. LfU — Земельное управление защиты природы.
3. IfB — Институт инженерной биологии.

ТАБЛИЦА 14. Эластичность сооружений из живого материала на берегах

Вид водоема	допустимая скорость течения $v_{zul} \frac{m}{s}$	допустимое шлейфовое напряжение $\tau_{zul} \frac{N}{m^2}$	источники, примечания
Фашины из ив, способ- ных к укоренению (в Энце около Пфорцхфй- ма)	3,0–3,5	100,0–150,0	LfU Баден - Вюртем- берг 1996
Фашина из мертвого хвороста (в Энце у Пфорцхайма)	2,5–3,0	70,0–100,0	LfU Баден - Вюртем- берг 1996
Тростниковый вал и тростниковые заросли (в Энце у Пфорцхайма)	2,0–2,5	55,0–65,0	LfU Баден - Вюртем- берг 1996
Каменная насыпь с че- ренками ив	3,0–3,5	100,0–150,0	LfU Баден - Вюртем- берг 1996

ТАБЛИЦА 14 (продолжение)

Вид водоема	допустимая скорость течения $v_{zul} \frac{m}{s}$	допустимое шлейфовое напряжение $\tau_{zul} \frac{N}{m^2}$	источники, примечания
КАЧЕСТВО ДНА			
Среднезернистая структура, размер крупинок от 0,2 до 0,63 мм	0,35–0,45	2,0	DIN 19661 Teil 2
Крупный песок, размер песчинок от 0,63 до 1 мм		3,0	DIN 19661 Teil 2
Крупный песок, размер песчинки от 1 до 2 мм		4,0	DIN 19661 Teil 2
Крупный песок, размер песчинки от 0,63 до 2 мм	0,45–0,6	6,0	DIN 19661 Teil 2
Песчано-галечная смесь, размер частицы от 0,63 до 6,3 мм, надолго затопляемая		9,0	DIN 19661 Teil 2
Песчано-галечная смесь, размер частиц от 0,63 до 6,3 мм, временно затопляемая		12,0	DIN 19661 Teil 2
Сыпучая порода (галька 0–40 мм), в Энце около Пфорцхайма	2,5–3,2	70,0–100,0	LfU Баден - Вюртем- берг 1996
Мелкая галька, размер частиц от 2 до 6,3 мм	0,6–0,8		DIN 19661 Teil 2
Средняя галька, размер частиц от 6,3 до 20 мм	0,8–1,25	15,0	DIN 19661 Teil 2
Крупная галька, размер частиц от 20 до 63 мм	1,25–1,6	45,0	DIN 19661 Teil 2
Камни, размер зерна 63 до 100 мм	1,6–2		DIN 19661 Teil 2
Каменная насыпь в Энце около Пфорцхайма	3,5 – 4,0	100,0–150,0	LfU Баден - Вюртем- берг 1996
Крупная каменная насыпь в Энце около Пфорцхайма	> 4,0	> 150,0	LfU Баден - Вюртем- берг 1996

ТАБЛИЦА 14 (окончание)

Вид водоема	допустимая скорость течения $v_{zul} \frac{m}{s}$	допустимое шлейфовое напряжение $\tau_{zul} \frac{N}{m^2}$	источники, примечания
Бутовая тюфячная кладка (укладка свежесрубленных деревьев) с сыпучей породой	3,5–4,0	150,0	DIN 19661 Teil 2
Платообразные нано- сы, от 1 до 2 см, от 4 до 6 см в длину		50,02,0	DIN 19661 Teil 2
Песок с суглинком		2,0	DIN 19661 Teil 2
Отложения, содержа- щие суглинок		2,5	DIN 19661 Teil 2
Стационарная супесь	0,15–0,2	3,5	DIN 19661 Teil 2
Стационарный сугли- нок	0,4–0,6	12,0	DIN 19661 Teil 2
Глина	0,7–1,0	12,0	DIN 19661 Teil 2

1. EVED = Государственный департамент транспорта и энергетики
2. LfU = Земельное управление защиты природы
3. IfB = Институт инженерной биологии

Расчет насыпи

$$d_m = 20 * h * I_E * \frac{b}{L_u} \quad (12)$$

Формула измерения диаметра средних частиц d_m по Ахтену в Вендерхорсте Achten in Wendehorst, 1998. h = Глубина воды (м), b = Ширина по урезу воды (м), L_u = Смоченный периметр (м), I_E = Гидравлический уклон (-).

$$s = 1,6 * d_{crf} \quad (13)$$

Формула толщины слоя при смешанных частицах.

$$d_{m, Bu} = d_m / c \quad (14)$$

Формулы для допустимого диаметра частиц на береговых склонах по Лане 1953 в Ахтене (Lane 1953 in Achten). β = угол склона, φ = угол трения

$$c = \cos \beta * \sqrt{1 - \frac{\tan^2 \beta}{\tan^2 \varphi}} \quad (15)$$

ТАБЛИЦА 15. Угол трения φ в естественных материалах по Шрёдеру и Рёмишу (Schroeder, Roemisch, 2001)

Естественный материал	Угол внутреннего трения φ в градусах
Песок, круглый	30
Галька	37
Щебенка	40
Известковые наносы	30
Глина	25

2.6. Планирование и создание водоемов

Человеческая цивилизация знакома с приемами строительства гидротехнических сооружений с древнейших времен. По сообщению Геродота, царь Мин (Менес) около 3000 лет до н.э. построил на Ниле плотину высотой 15 м и отвел реку в канал.

В настоящее время работы по теории и практике строительства гидротехнических сооружений и создания водоемов достаточно полно разработаны и позволяют выполнять их на высоком научно-техническом уровне. Тем не менее, методические подходы к решению этих задач продолжают развиваться на основе ландшафтно-экологической характеристики района предполагаемого строительства. Такой период способствует более рациональной организации

последующих проектно-изыскательских работ. Значительный вклад в разработку этого направления внесли Б.В. Бабилов, В.Б. Михно, А.И. Добров, Ю.И. Житин, и многие другие исследователи. Выделяют три типа водоемов:

1. Ложбинные и лошинные пруды плакорного и междуречного недренированного типов местности. Они характеризуются незначительной глубиной и небольшими объемами воды.

2. Пруды склонового типа местности, сооружаемые в балках и верховьях долин. Отличаются значительной глубиной и достаточно большими объемами воды.

3. Пруды пойменного типа местности. Это проточные и полупроточные озера — пруды на маловодных речках, перегороженных плотинами.

Особенность прудов как ландшафтных комплексов является их динамичность. Их существование неотъемлемо от водосборов. Между водосборными комплексами и прудом протекает энергичный взаимообмен веществом и энергией.

Современный подход к проектированию и строительству водоемов предусматривает проведение этапа предварительного проектирования.

Предварительное проектирование позволяет заранее (до разработки проекта), не прибегая к детальным полевым исследованиям, выявить основные природные предпосылки создания планируемых ландшафтно-мелиоративных систем. Такой подход способствует более рациональной организации последующих проектно-изыскательских работ. Специфика исследований данного периода заключается в том, что они носят предварительный характер и выполняются экспресс-методом преимущественно на основе крупномасштабных топографических карт.

Первоочередная задача перед полевыми работами — сбор существующих материалов. Это топографические карты и планы района расположения объекта в масштабе не более 1 : 10 000; почвенные и геоботанические гидрогеологические, геоморфологические карты всех масштабов; данные гидрометрических наблюдений на постоянных реках и временных водотоках, метеорологические данные по ближайшей метеостанции (осадки, годовой ход температуры воздуха, направление ветра, влажность воздуха и т.д.); проекты и схемы водохозяйственных мероприятий в районе строительства; расположение гидрометрических постов и метеостанций; координаты и абсолютные отметки постоянных геодезических знаков, к которым может быть привязана съемка чаши водоема, а так же литературные

и отчетные данные по вопросам мелиорации, гидрогеологии, почвоведения, гидрологии и проектирования. Все собранные материалы систематизируются, описываются и оцениваются с точки зрения их пригодности для выбора и проектирования водоема.

Ландшафтные исследования этапа проектирования водоемов позволяют установить и учесть основные природные предпосылки создания и функционирования планируемых водоемов. Решение этих задач предусматривает составление ландшафтной характеристики района предполагаемого строительства, анализ физико-географических условий участка строительства водоема, гидрологические расчеты и определение параметров проектируемого водоема, прогнозирование взаимосвязей проектируемого водоема с ландшафтами, обоснование рекомендаций, касающихся оптимизации взаимодействия проектируемого водоема с ландшафтами.

Составление ландшафтно-экологической характеристики района предполагаемого строительства водоема. На основе анализа топографической карты (масштаб до 1 : 50 000) устанавливаются ландшафтные особенности территории. Выявляется, в какой ландшафтной зоне находится данный участок. Если система координат условная, то в качестве индикаторов в данном случае могут выступать рельеф и растительность. Например, широкое распространение овражно-балочного рельефа, преобладание поверхностей с абсолютными отметками от 200 до 300 м, наличие на междуречьях дубрав и участков степей указывают на принадлежность данной территории к лесостепной зоне, характеризующей неустойчивым увлажнением.

Далее необходимо выделить и охарактеризовать основные ландшафтные комплексы исследуемой территории. Анализ ландшафтной структуры предусматривает выявление и составление характеристик типов местности, типов урочищ, доминантных и характерных урочищ. Осуществляется это при помощи детального изучения рельефа, растительности, гидрографической сети и других природных элементов, получивших отражение на данной карте.

При выявлении ландшафтно-типологических комплексов на уровне типов местности следует руководствоваться тем положением, что тип местности — это относительно равноценная с точки зрения хозяйственного использования территория, обладающая закономерным, ей только присущим сочетанием урочищ. К наиболее распространенным типам местности относятся плакорный, склоновый, надпойменно-террасный, пойменный, зандовый, останцово-водораздельный и междуречно-недренированный.

Выявление и анализ ландшафтно-экологических особенностей участка предполагаемого строительства водоема позволяет, во-первых, установить степень дифференцированности ландшафтов, выявить направление основных потоков вещества, степень увлажненности, потребность конкретных типов местности в водных мелиорациях; во-вторых, определить ландшафтные комплексы, наиболее пригодные для размещения проектируемых водоемов.

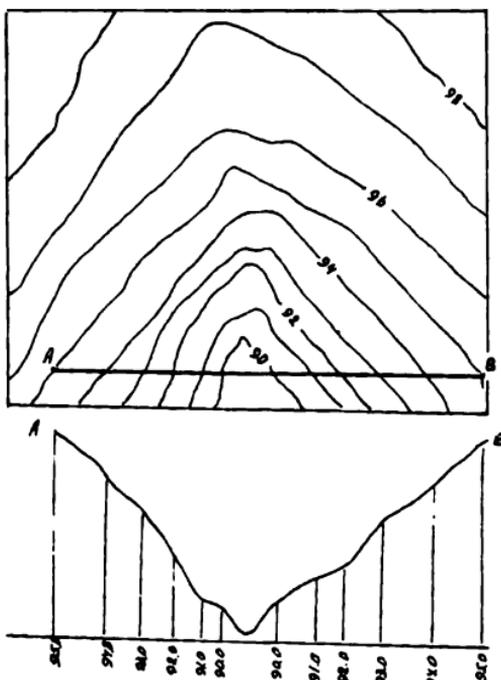
Например, плакорный тип местности лесостепной зоны характеризуется разреженной гидрографической сетью, глубоким залеганием грунтовых вод, приподнятостью территории и значительным удалением от водных объектов. Вывод — этот ландшафтный комплекс в большей мере, чем другие типы местности, испытывает потребность в регулировании водного режима. Наилучшие условия для создания водоемов имеются на территории склонового типа местности, в частности, в балках и верховьях некоторых речных долин. В этих формах рельефа при сооружении плотин можно аккумулировать значительный объем воды, поступающий в период таяния снега и ливневых дождей.

Таким образом, регулирование водного режима плакорного типа местности путем орошения и обводнения в данном случае возможно и целесообразно осуществлять водами прудов, созданными в пределах склонового типа местности.

Анализ физико-географических условий участка предполагаемого строительства водоема. На основе топокарты производится анализ геоморфологических, гидрологических, гидрогеологических, ландшафтных и других условий района, способных в наибольшей степени оказывать воздействие на создаваемый водоем. Важно выбрать место его расположения. Удачно подобранный участок во многом гарантирует успех. С учетом геоморфологических условий для размещения плотин наиболее подходят суженные участки балок и речных долин. На одном из участков следует наметить створ плотины — осевую линию. Она должна размещаться перпендикулярно тальвегу данной формы рельефа (рис. 19).

При выборе места под устройство руководствуются следующим:

- пруд должен располагаться как можно ближе к месту водопотребления и по возможности, обеспечивать самотек воды к потребителям; при неизбежности механического водоподъема с помощью насосных станций геодезический напор не должен превышать 50 м;
- чаша пруда должна вмещать объем воды, обеспечивающий нужды хозяйства с учетом всех потерь и соблюдении санитарных требований;



Мг 1:10000
в 1:100

РИС. 19. Построение поперечного профиля балки по створовой линии проектируемой плотины.

- глубина воды в пруду должна быть не менее 5 м у плотины и по возможности — более 1 м на периферии;
- площадь мелководной зоны (менее 1 м) должна составлять не более 30 % площади зеркала;
- водосборная площадь балки должна иметь устойчивое русло, все эрозионные процессы ликвидированы;
- грунт, слагающий чашу, должен быть не водопроницаемым или слабо водопроницаемым с коэффициентом фильтрации $K_f \leq 0,01$ м/сут. Наличие фильтрующих грунтов из песка, гравия, гальки, карста не допускается.

Очертание зеркала пруда и продольный уклон балки определяются по карте, плану или путем геодезической съемки и нивелирования продольной оси чаши пруда. Наиболее благоприятны долины и балки с уклоном от 0,01 до 0,001.

Водосборная площадь пруда определяется по карте или съемкой местности, ось плотины промеряется и нивелируется.

Исследование грунта производится на основе осмотра существующих обнажений по склонам балки и путем шурфования или раз-

ведочного бурения на глубину 3 м. Шурфы или скважины должны быть заложены в следующих местах: три шурфа по оси плотины и два по склонам балки, один шурф в дне балки ниже плотины на 50 м и два шурфа выше плотины через 50 м от плотины и на таком же расстоянии один от другого. Размеры шурфов принимаются 1 × 1,25 м в плане и глубиной 1,5...3 м. На основании осмотра обнажений и шурфов составляются геологические разрезы по оси плотины и чаше пруда.

Анализ гидрологических условий участка осуществляется путем выявления на его территории временных водотоков, родников, болот, мочажин, карстовых воронок, оползней и т.д. Заболоченные днища балок и речных долин свидетельствуют о благоприятных гидрогеологических условиях создания водоемов, т.к. инфильтрация из них будет незначительна. Следует также проанализировать и ландшафтно-экологические особенности. Обратит внимание на ландшафтную структуру и биотические факторы как ложи водоема, так и площади водосбора. Так же необходимо вычленить ландшафтные комплексы, способные оказать отрицательное влияние на функционирование водоема. К ним относятся карстовые, суффозные, оползневые и эрозионные ландшафты.

На основании натурного обследования балки и водотока представляют следующие материалы:

- схематический план чаши пруда, узла водосбросных сооружений и предполагаемых карьеров в масштабе 1 : 2 000;
- профиль по оси плотины и чаше пруда с показаниями геологического строения по данным исследования грунта;
- описание балки с указанием произведенных расчетов объема пруда.

При выборе места под насосную станцию руководствуются следующим:

- насосная станция должна быть расположена на устойчивом прямолинейном берегу, не подверженном размыву или обрушению;
- расстояние от насосной станции до наивысшей точки подачи воды должно быть по возможности наименьшим;
- превышение бровки берега над минимальным горизонтом воды желательно не более 4 м.

Гидрологические расчеты и определение параметров проектируемого водоема.

Реальный сток (ω) можно определить по формуле:

$$\omega = \omega_{\text{в}} + \omega_{\text{п}} - \omega_{\text{н}} \quad (16)$$

где $\omega_{\text{в}}$ — объем весеннего стока, м³; $\omega_{\text{п}}$ — объем подземного стока, м³; $\omega_{\text{и}}$ — объем потерь воды на испарение, фильтрацию, м³.

Объем расчетного весеннего стока находится по формуле:

$$\omega = 1000 F h_p \quad (17)$$

где F — водосборная площадь в км²; h_p — слой весеннего стока расчетной обеспеченности, мм.

Водосборная площадь (F) определяется по топокарте на которой перпендикулярно горизонталям проводится линия контура водосбора. Его величина определяется геометрическим путем или с помощью планиметра.

Чаще всего наполнение искусственных водоемов рассчитывается на сток 50 % обеспеченности, т.е. один год из двух характеризуется полной расчетной обеспеченностью водой поступающей с водосбора.

Объем подземного стока ($\omega_{\text{п}}$) соответствует объему воды, поступающей в водоем от родников.

Потери воды на фильтрацию ($\omega_{\text{ф}}$) в зависимости от характера грунтов балки и глубины залегания водоупора для приближенных расчетов можно определить по таблице 3.1.

Расчеты можно выполнять и по формуле:

$$\omega_{\text{ф}} = S h \quad (18)$$

где S — площадь зеркала проектируемого водоема; h — высота толщи воды, испаряющейся с поверхности водоема.

Особенно большая фильтрация наблюдается в первые годы после строительства пруда, а затем по мере заиления она уменьшается.

ТАБЛИЦА 16. Потери воды в прудах от фильтрации и испарения

Характер грунтов балки	Потери воды на фильтрацию в год	
	слой воды, м	в % от объема пруда
Водопроницаемые с близким залеганием грунтовых вод	0,5	5...10
Слабопроницаемые	0,5–1,0	10...20
Проницаемые неводоносные	1,0–2,0	20...40

В целях борьбы с ней применяют ряд специальных мероприятий по созданию водонепроницаемого экрана на дне пруда (экраны из суглинка, глины, битума, бетона, полиэтилена и др.).

Длина, ширина и глубина проектируемого водоема определяется при помощи измерений на топографической карте. Площадь водоема определяется путем измерения территории, заключенной между отметками горизонтали, соответствующей проектному уровню воды, т.е. нормальному проектному уровню, которая на 1–1,5 м ниже гребня плотины.

Объем воды в водоеме определяется путем планиметрирования горизонталей в пределах ложа водохранилища или вычисления по формуле:

$$V \approx \frac{K \square 1}{5} \square HL \quad (19)$$

где H — наибольшая глубина водоема у плотины, м; \square — ширина балки по урезу воды у плотины, м; L — длина водоема, м; K — отношение ширины балки «понизу» (v) к ширине «поверху» у плотины (\square), т.е. $K = v/\square$.

Сопоставляя величину поступающего стока и объема чаши проектируемого водоема, можно выяснить, сможет ли водоем аккумулировать сток полностью или частично. Если водоем не в состоянии полностью вместить талые воды, необходимо предусмотреть их сброс за пределы водоема. Оптимальный срок заполнения водоема 1 год.

Высота плотины ($H_{пл}$). Основные расчетные параметры плотины (рис. 2.3) определяют по формулам:

$$H_{пл} = h_{нпг} + h_{мпг} + h_v + h_{сз} \quad (20)$$

где $h_{нпг}$ — глубина при отметке нормального проектного горизонта (нпг), м; $h_{мпг}$ — превышение максимально проектного горизонта над отметкой (нпг), м; h_v — высота захлестывания волн рассчитывается по формуле:

$$h_v = 0,75 + 0,1 L \quad (21)$$

где L — длина водоема в км снятия с плана пруда; $h_{сз}$ — высота превышения гребня плотины (1:1,5 м) (сухой запас) выше максимально проектного горизонта (мпг).

Ширина гребня плотины ($B_{гр}$) зависит от класса проходящей по нему дороги и рассчитывается по формуле:

$$B_{2p} = 2 + \sqrt{H_{пл}} \quad (22)$$

Откосы играют большую роль в устойчивости плотины. Сильно крутые могут оказаться недостаточно устойчивыми, тогда как пологие вызовут излишнее увеличение объема тела плотины. Поэтому крутизна откосов выбирается с большой тщательностью, (табл. 11), а для плотины с высотой более 10–15 м проводятся специальные отдельные расчеты.

ТАБЛИЦА 17. Коэффициенты заложения откосов

Откос	Расчетная высота (м) и грунт тела плотины					
	до 5		5–10		10–15	
	глинис- тый	песча- ный	глинис- тый	песча- ный	глинис- тый	песча- ный
Верховой	2	2,5	2,5	3,0	3,0	3,0
Низовой с дренажем	1,5	2,0	1,75	2,0	1,75	2,0
Низовой без дренажа	1,75	2,0	2,0	2,25	2,25	2,25

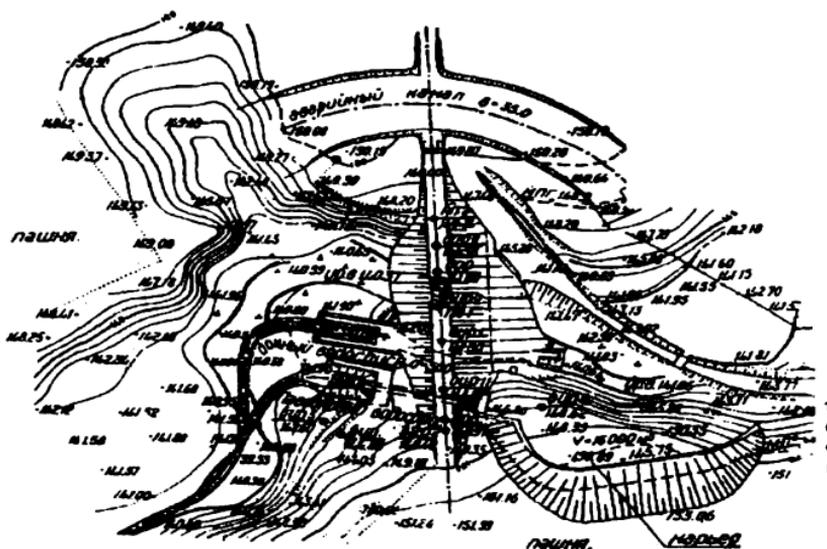


РИС. 20. Размещение плотинного пруда на топографическом плане.

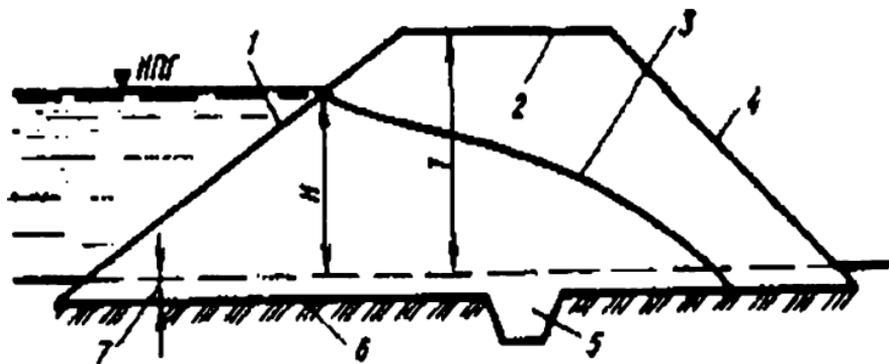


РИС. 21. Поперечный профиль плотины:

T — высота плотины; H — глубина воды в пруду; НПГ — нормальный проектный (подпорный) горизонт; 1 — мокрый откос; 2 — гребень плотины; 3 — кривая фильтрации; 4 — сухой откос; 5 — замок; 6 — основание плотины; 7 — снятый растительный грунт.

Основание плотины ($B_{\text{осн}}$) зависит от высоты плотины и коэффициентов заложения откосов. Рассчитывается по формуле:

$$B_{\text{осн}} = a_c + B_{\text{гр}} + a_m \quad (23)$$

где a_c — заложение сухого (низового) откоса, м;

$$a_c = m_c \cdot H_{\text{пл}} \quad (24)$$

m_c — коэффициент заложения низового откоса; a_m — заложение мокрого (верхового) откоса, м;

$$a_m = m_m \cdot H_{\text{пл}} \quad (25)$$

m_m — коэффициент заложения мокрого (верхового) откоса; $B_{\text{гр}}$ — ширина гребня плотины; $H_{\text{пл}}$ — высота плотины.

Объем насыпи земляной плотины ориентировочно можно подсчитать по приближенной формуле:

$$W = \left(\frac{B_{\text{гр}} + B_{\text{осн}}}{2} \right) H_{\text{пл}} \cdot L \cdot 2,5 \quad (26)$$

где $B_{\text{гр}}$ — ширина плотины по гребню, м; $B_{\text{осн}}$ — ширина плотины по основанию в самом глубоком месте, м; $H_{\text{пл}}$ — высота плотины в самом глубоком месте балки, м; L — длина плотины по гребню, м.

Более точно объем земляных работ по устройству насыпи плотины подсчитываются по формуле:

$$W = \frac{S_1 + S_2}{2} L \quad (27)$$

где W — объем земляной насыпи между смежными сечениями, м^3 ;
 S_1 и S_2 — площади сечения насыпи двух смежных пикетов, м^2 ;
 L — расстояние между смежными сечениями, м .

Для удобства расчетов сечения назначаются через 20 м по длине плотины. Суммируя частные объемы между смежными сечениями, находят полный объем тела плотины.

Прогноз взаимосвязей проектируемого водоема с ландшафтами осуществляется путем анализа. Анализируются связи проектируемого водоема с ландшафтами смежных территорий сравнительным методом. В качестве эталона принимаются ландшафтные комплексы с уже ранее созданными и функционирующими водоемами. На основании этого делают прогноз о возможности возникновения на проектируемом водоеме активизации абразивных, оползневых, карстовых, суффозных и других негативных процессов, способных оказать отрицательное воздействие как на проектируемый водоем, так и на ландшафтно-экологическую обстановку смежных с ним территорий.

Для оптимизации взаимодействия водоема с ландшафтами возможно быть рекомендовать следующие мероприятия:

- облесение берегов водоема с целью задержания твердого стока со склонов балки. Лесную полосу размещать в 20–30 м от уреза воды, оптимальная ширина ее 30 м. Выше производится залужение;
- устройство илофильтров в верховьях ложбин стока, оврагов и отвершков балки. Рекомендуются сплошное облесение или посадка ивы (пл. 0,5–1,0 га);
- создание противозрозионных валов;
- для предотвращения от заболачивания, оползней прилегающей территории предусмотреть дренаж, а также противозрозионные и противооползневые мероприятия;
- для предотвращения абразии берегов создание тростниковых зон и других инженерно-биологических сооружений (гл. 10).

3. ИНЖЕНЕРНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Переувлажнение территории играет важную роль в народном хозяйстве. В тоже время для хозяйственных целей требуется проведение работ по осушению. В России насчитывается около 70–75 млн. га болот и заболоченных земель, составляющих мелиоративный фонд страны. В него входят болота (характеризуются наличием торфа слоем более 30 см), заболоченные и избыточно увлажненные минеральные земли. Среди заболоченных и избыточно увлажненных минеральных земель насчитывается более 25 млн. га сельскохозяйственных угодий.

Основные площади болот, заболоченных и избыточно увлажненных земель (около 80%) приурочены к гумидной зоне (зоне избыточного увлажнения). В более южных регионах указанные земли имеют локальное распространение — в поймах рек, в местах выклинивания на дневную поверхность грунтовых вод, в зоне подтопления гидротехническими сооружениями и т.п.

В заболоченных (гидроморфных) почвах анаэробный период, обусловленный длительным застоем влаги, зачастую столь продолжителен, что затрудняет или исключает рост и развитие сельскохозяйственных растений и древесных пород, ограничивает применение машин, снижает рентабельность производства, ведет к оползневым явлениям и усилению эрозии.

Осушение — удаление избытка воды из почвы и ее поверхности — один из основных видов мелиорации переувлажненных земель. На сельскохозяйственных угодьях осушение проводится с целью создания благоприятного водного режима в корнеобитаемом слое почвы для выращивания сельскохозяйственных культур. При осушении одновременно с улучшением водного режима происходит улучшение теплового, воздушного, пищевого и микробиологического режимов почвы, что ведет к повышению ее плодородия и продуктивности земледелия.

Осушение лесных угодий позволяет повысить ежегодный прирост древесины на переувлажненных землях, улучшить ее качество, создать благоприятные условия для использования техники при заготовке древесины, улучшить условия для выращивания лесных культур, естественного возобновления леса и др.

Площадь осушаемых земель в целом по России в настоящее время составляет примерно 7,5 млн. га, в том числе сельскохозяйственных угодий около 5 млн. га. В более отдаленной перспективе площадь осушаемых в стране земель возрастет до 10–15 млн. га.

3.1. Планирование и создание осушительной сети

Для осушения избыточно увлажнённых земель, т.е. удаления избытка воды из почвы и с ее поверхности строится *осушительная система*.

Осушительная система включает избыточно увлажненную территорию вместе с комплексом инженерных сооружений и устройств для улучшения водного режима переувлажненных почв. Основные элементы осушительной системы: осушаемая площадь, регулирующая, проводящая и ограждающие сети, составляющие *осушительную сеть*, *водоприемник*, гидро-технические сооружения (*ГТС*); дорожная сеть (дороги, мосты, трубы-переезды); природоохранные сооружения и устройства (лесные полосы, противопожарные бассейны и др.); эксплуатационная сеть (линии связи, гидрометрические посты, наблюдательные скважины) и др.

Осушительные системы бывают: открытые (регулирующая сеть — каналы) — применяют при предварительном осушении болот, лесов, сенокосов; закрытые (регулирующая сеть — дрены и закрытые собиратели, коллекторы в виде подземных трубчатых водоводов) — технически более совершенны, долговечны, не препятствуют механизации полевых работ, позволяют более полно использовать осушаемые земли.

По характеру воздействия на водный режим земель осушительные системы подразделяются на системы *одностороннего действия* (каналы и др. сооружения обеспечивают только отвод избыточной влаги) и *двустороннего действия* (осушительно-увлажнительные системы), которые в засушливые периоды, кроме отвода воды, обеспечивают ее подачу.

Потребности в осушении могут быть установлены путем сопоставления естественного водного режима почвы с оптимальным, благоприятным для роста и развития растений, функционирования различных объектов. Оптимальный водный режим почвы характеризуется следующими показателями: допустимая продолжительность затопления и сроки отвода избыточной воды; оптимальная

влажность почвы; *норма осушения*, под которой понимают оптимальную для растений глубину залегания уровней грунтовых вод, в зависимости от целевого использования территории.

Допустимая (без ущерба урожаю) продолжительность затопления весной для многолетних трав изменяется от 5–10 суток (клевер красный, люцерна синяя, овсяница красная) до 15–25 (кострец безостый, полвица белая) и до 30–40 суток (двухкосточник тростниковый, манник обыкновенный). Затопление зерновых культур не допускается. В летний период при выпадении осадков не допускается застой воды на поверхности, поэтому вода должна быть отведена за 0,5–1,5 суток в зависимости от культур с поверхности почвы и за 2–5 суток из корнеобитаемого слоя.

Оптимальная для сельскохозяйственных культур влажность почвы в вегетационный период изменяется в пределах 55–85% от полной влагоемкости почвы, меньшее значение соответствует техническим и овощным культурам, большее — многолетним травам. Для других целей она может иметь иные значения.

Норма осушения подразделяют на весеннюю предпосевную (почва должна быть достаточно осушена для производства сельскохозяйственных или лесохозяйственных работ) и среднюю за вегетацию. Предпосевная норма в зависимости от почв составляет 30–50 см, средне вегетационная в зависимости от почв и культур изменяется от 50–60 см (травы) до 90–120 см (сады, овощные культуры).

При осушении лесов средние значения весенней нормы осушения для сосны, ели и березы не превышают в различных районах лесной зоны России 0,2–0,3 м, средне вегетационная — варьирует в пределах 0,3–1,0 м.

Исходя из этих показателей проектируется необходимая осушительная сеть, они же служат для оценки качества ее работы при использовании осушаемых земель.

Планирование и создание осушительной сети неразрывно связано с такими понятиями, как *метод осушения* и *способ осушения*.

Метод осушения — принцип воздействия на неблагоприятный водный режим земель, направленный на удаление избытка влаги. Он устанавливается при анализе причин заболачивания на основе уравнения водного баланса, отражающего закон сохранения материи:

$$\text{приход} - \text{расход} = W \quad (28)$$

где W — изменение запасов воды в пределах балансового участка. Для многолетнего периода $W = 0$.

В зависимости от основного источника переувлажнения, выделяют тип водного питания. Их пять: атмосферный (причины переувлажнения — атмосферные осадки), грунтовый (неглубокое залегание уровня грунтовых вод), грунтово-напорный (приток воды из напорных водоносных горизонтов), склоновый (приток воды с прилегающих к участку склонов), намывной (затопление земель водами из рек, озер и водохранилищ).

Типы водного питания определяют следующие методы осушения: атмосферный — ускорение поверхностного стока; грунтовый — понижение уровня грунтовых вод (ускорение внутрисочлененного стока); грунтово-напорный — понижение пьезометрических уровней и уровней грунтовых вод на объекте; склоновый — перехват на границе объекта склонового поверхностного стока; намывной — ускорение руслового паводкового стока, защита территории от затопления.

Способ осушения — способ сбора и отвода поверхностных и (или) подземных вод с переувлажненных земель. Представляет собой сочетание технических (инженерных) средств и агромелиоративных приемов для осушения земель. Способ осушения устанавливается исходя из метода осушения и типа водного питания.

Выбор способа осушения производится на основе технико-экономических расчетов и экологических принципов.

Способ осушения определяет принципиальную схему и конструкцию основного элемента осушительной системы — ее *регулирующей сети*.

Регулирующая сеть служит для сбора и удаления с территории избыточных поверхностных и грунтовых вод. Она может быть *открытой* (каналы) и *закрытой* (дренаж), *систематической* и *выборочной*. Систематической регулируемую сеть называют в том случае, когда осушается крупный массив и каналы (дрены) располагают на всей площади на определенном (расчетном) расстоянии.

Выборочной регулируемую сеть называют тогда, когда осушаются только отдельные понижения, для осушения которых достаточно одного канала или одной-трех дрен (закрытых собирателей).

Открытую регулируемую сеть применяют в основном для осушения естественных сенокосов без использования их под выпас, при осушении лесов, при содержании в грунтовых водах более 10–14 мг/л закисного железа, для предварительного осушения болот с близким залеганием уровней грунтовых вод с последующим выполнением культуртехнических работ и строительством закрытого дренажа, для осушения низинных торфяников,

подстилаемых на глубине 1,5–2,5 м хорошо водопроницаемыми почво-грунтами с коэффициентом фильтрации более 1 м/сут. при уклонах поверхности менее 0,001; на почво-грунтах с наличием на глубине менее 1 м скальных пород и большого количества камней.

Открытая регулирующая сеть подразделяется на *осушители*, обеспечивающие понижение уровня грунтовых вод на необходимую глубину, а также на *собиратели* и *ложбины*, которые устраивают на тяжелых почвах для своевременного отвода избыточных поверхностных вод.

Поперечные сечения каналов открытой регулирующей сети принимают трапецеидальной формы и расчетом не определяют, их параметры устанавливают конструктивно в зависимости от используемых механизмов. Глубина их обычно составляет 1–1,2 м, ширина по дну — 0,4–0,6 м. Коэффициент заложения откосов каналов в зависимости от типа почво-грунтов колеблется от 1,0–1,5 на торфах, глинах и суглинках, до 2,5–4 на мелкозернистых песках и пылеватых суглинках (частиц 0,005–0,05 мм более 50%).

При проектировании открытой регулирующей сети в плане необходимо:

- располагать сеть по возможности под острым углом к горизонталям или изогипсам, что обеспечивает наиболее интенсивный отвод избыточных грунтовых и поверхностных вод;

- принимать длину каналов регулирующей сети при уклонах местности менее 0,0005 — до 700 м, при уклонах более 0,0005 — до 1500 м; назначать уклон дна каналов близким к уклону поверхности; устанавливать максимальный уклон каналов из условий неразмываемости русла при прохождении расходов весеннего половодья и летне-осенних паводков, а минимальный уклон — равным 0,003;

- соблюдать параллельность друг другу каналов систематической регулирующей сети; сопрягать каналы регулирующей сети с проводящими каналами под углом, близким к 90°;

- увязывать расположение каналов с границами землепользований и полей севооборотов.

Расстояния между каналами в зависимости от почв и выращиваемых сельскохозяйственных культур составляют для осушителей 60–120 м, для собирателей при осушении лугов — от 60–180 м при уклонах поверхности менее 0,0005 (минимальное значение для северных районов, максимальное для центра Нечерноземья) и 80–250 м для наиболее распространенных уклонов 0,0005–0,002.

Расстояния между осушителями на лесных площадях устанавливают в зависимости от почвенно-грунтовых условий, характеризующих плодородие почв, от 40 до 80 м в расчете на максимальную продуктивность леса и от 60 до 120 м для обеспечения максимальной рентабельности и оптимальной хозяйственной деятельности. Указанные базовые расстояния рассчитаны для центрального района европейской части страны.

Для осушения лугов на слабоводопроницаемых почвогрунтах, особенно гравистых поймах, эффективны искусственные *ложбины* — каналы глубиной до 0,4–0,5 м с очень пологими откосами, благодаря чему они проходимы для сельскохозяйственных машин.

Строительство осушительных каналов осуществляется в основном одноковшовыми экскаваторами (ЭО — 4121Б; ЭО — 4112А-1 и др.). На торфяных почвах могут использоваться фрезерные каналокопатели (КФН — 1200А и др.).

Закрытый дренаж — наиболее эффективный способ осушения при интенсивном сельскохозяйственном использовании земель с помощью закрытой регулирующей сети.

Осушают закрытым дренажем земли под полевые и овоще-кормовые севообороты, технические культуры, сады, ягодники, плодовые и лесные питомники (за исключением районов Севера), для строительства и других целей.

Различают материальный (трубчатый и пр.) дренаж и полостной (кротовый, щелевой).

Дренажная закрытая регулирующая сеть (материальный дренаж) может быть представлена *дренами* и *закрытыми собирателями*. При помощи дрен осуществляют понижение уровня инфильтрационных, грунтовых и грунтово-напорных вод в почвогрунтах с коэффициентом фильтрации более 0,01 м/сут при грунтовом, грунтово-напорном, смешанном и намывным водным питанием.

Сеть закрытых собирателей делают при осушении минеральных слабоводопроницаемых почвогрунтов при коэффициенте фильтрации 0,01 м/сут. и менее. Закрытый собиратель обычно представляет собой трубчатую дрена с фильтром, уложенную на глубину 1,1–1,3 м и засыпанную естественным фильтрующим (крупнозернистый песок, гравий и др.) или пористым синтетическим материалом на всю глубину траншеи или до подошвы пахотного слоя (могут использоваться и локальные водопроницаемые *колонки*).

Для устройства материального дренажа используют в основном гончарные (внутренний диаметр 50–75 см и более) и пластмассовые перфорированные (внутренний диаметр 43–63 мм и более) трубы.

Для защиты дрен от заиления используют различные фильтрующие материалы (стеклохолст, полиэтиленовый холст и др.).

Сеть кротовых и щелевых дрен устраивают, как правило, для усиления осушающего действия дренажа и закрытых собирателей.

Закрытая (как и открытая) регулирующая сеть может быть выборочной и систематической.

К основным параметрам закрытой регулирующей сети относят: расстояния между дренами (закрытыми собирателями), их глубина заложения, уклон, длина и диаметр дренажных труб.

Расчет расстояний между дренами проводят на основании теории фильтрационных расчетов. Примерные расстояния между дренами: в глине и тяжелом суглинке 8–15 м, в среднем и легком суглинке 14–30 м, в песчи и песке 25–50 м, в торфе 20–40.

Глубину регулирующей закрытой сети определяют в зависимости от требуемой нормы осушения с учетом водопроницаемости почвогрунтов по глубине, осадки и сработки торфа, зоны распространения основной массы корней растений. Минимальная глубина закрытой осушительной сети в минеральных грунтах 1,1 м, в торфяниках (после сработки торфа) — 1,3 м, при такой глубине обеспечивается сохранность дренажных труб при прохождении сельскохозяйственной техники и автомобилей, занятых на уборке урожая. Разность в глубинах заложения дрен в устье и истоке должна быть не более 0,2–0,3 м.

Минимальный внутренний диаметр дрен для закрытой регулирующей сети принимают 5 см. Уклон дрен и закрытых собирателей должен быть 0,003 и более. Допускается увеличивать диаметр дрен на безуклонных равнинах (если невозможно обеспечить минимальный уклон), в условиях грунтово-напорного водного питания, при повышенном содержании в грунтовых водах закисного железа, на осушительных системах с подпочвенным увлажнением.

При диаметре дрен и закрытых собирателей 5 см их длина должна быть не более 250 м, в мелкозернистых оплывающих грунтах, пльвунах и илах — не более 150 м.

Безуклонный дренаж целесообразно применять при диаметре дрен не менее 10 см. Его основное преимущество — возможность устройства относительно неглубокой проводящей сети при осушении безуклонных и слабоуклонных равнин.

Дрены (закрытые собиратели) чаще всего располагают под острым углом к горизонталям местности, что позволяет придать им уклон путем не только их заглубления к устью, но и использования естественного уклона.

Дрены могут быть подсоединены к закрытым коллекторам с одной или двух сторон.

Регулирующую закрытую сеть трассируют таким образом, чтобы не пересекать дороги, подземные коммуникации и лесонасаждения.

Укладку гончарного дренажа осуществляют путем отрывки траншей многоковшовыми экскаваторами-дреноукладчиками ЭТЦ-2012, ЭТЦ-1607. Пластмассовый дренаж укладывают в основном бестраншейным способом дреноукладчиками МД-12.

Оградительная осушительная сеть. Оградительная осушительная сеть служит для перехвата избыточных вод, поступающих на осушаемую территорию с прилегающих водосборов, рек, озер, водохранилищ. К ней относятся нагорные каналы, ловчие каналы, нагорно-ловчие каналы, береговой дренаж, пограничные каналы и дамбы. Наиболее распространены нагорные и ловчие каналы.

Нагорные каналы перехватывают поверхностные (делювиальные) воды, стекающие с водосбора на осушаемую площадь во время снеготаяния, дождей и верховодки, их проектируют в плане по границе осушаемой территории и водосбора.

Нагорные каналы делают асимметричного трапецеидального очертания — внутренний откос отвечает допустимому заложению, внешний в 2 и более раза положе. Вынутый грунт разравнивают с низовой стороны в виде кавальера.

При водосборной площади канала меньше 300 га, канал не рассчитывают, размеры его принимают конструктивно — ширина по дну 0,6 м, глубина 1–1,2 м.

Ловчие каналы перехватывают грунтовые или грунтово-напорные воды, поступающие с водосбора.

При безнапорных грунтовых водах ловчий канал проходит в водоносных грунтах и глубина его определяется необходимой глубиной понижения грунтовых вод.

При напорных водах ловчие каналы проводят по местам выхода напорных вод или в зоне наивысших пьезометрических напоров. Ловчий канал должен прорезать верхний водонепроницаемый слой и своим дном врезаться в водоносный пласт.

Ловчие каналы бывают открытые без крепления или с креплением, в виде закрытых горизонтальных дрен или дрен с вертикальными колодцами (скважинами).

Целесообразно вместо открытого ловчего канала строить закрытую горизонтальную дрину или дрину с вертикальными колодцами (скважинами). В этом случае закрытый дренаж называют головным.

При поступлении на осушаемую территорию поверхностных, грунтовых или грунтово-напорных вод проводят раздельно нагорный канал для перехвата поверхностных вод и ниже него ловчий канал для перехвата и понижения уровня грунтовых и грунтово-напорных вод.

Если прилегающий к ловчему каналу водосбор покрыт кустарником, а поступающие поверхностные воды имеют небольшие расходы, а вода не содержит наносов, то нагорный канал совмещают с ловчим: он перехватывает поверхностные и грунтовые воды и называется *нагорно-ловчим*.

Ловчие, нагорно-ловчие каналы (дрены) оказывают значительное влияние на прилегающие к ним земли (тем больше, чем положение рельефа и больше водопроницаемость почв). В связи с этим при проектировании ловчих и нагорно-ловчих каналов проводят соответствующие расчеты осушительного действия последних.

Нагорные каналы (перехватывающие поверхностный сток), ловчие каналы (грунтовый сток) и нагорно-ловчие каналы являются основными элементами осушаемой сети при склоновом и грунтово-напорном типах водного питания.

Проводящая осушительная сеть (магистральные каналы, коллекторы и др.) связывает регулирующую и оградительную сеть с водоприемником.

Открытая проводящая сеть включает магистральные каналы, транспортирующие собиратели и водоотводящие борозды.

Ее проектируют прямолинейно, с минимальным числом поворотов, пересечений с дорогами и другими коммуникациями и по возможности минимальной длины. Каналы стараются трассировать в границах хозяйства, полей севооборотов, вдоль дорог, просек (при осушении лесов) по наиболее низким отметкам осушаемой поверхности (тальвегам), на болотах — по тальвегам минерального дна.

Поперечное сечение каналов — равнобокая трапеция. Только глубокие каналы (более 3 м) и каналы, проходящие на неустойчивых и слоистых грунтах (мелкозернистый песок, сильно разложившийся торф и др.), делают параболического сечения.

Магистральные каналы рассчитывают по формулам гидравлики в зависимости от величины расхода в годы расчетной обеспеченности, которая зависит от водосборной площади.

При площади осушаемых земель до 2 тыс. га допускается проводить расчет проводящей сети на пропуск расходов 10%-й обеспеченности при использовании земель под полевые севообороты, пастбища и сенокосы; 5%-ной обеспеченности — при использовании

земель под овощные севообороты и многолетние плодовые насаждения, 25%-й обеспеченности — при осушении лесов.

Расчетными периодами являются: при использовании осушаемых земель под полевые севообороты с озимыми и многолетние насаждения — весенний и летне-осенний паводки; под овощные и полевые севообороты без озимых — предпосевной период и летне-осенний паводок; под пастбища и сенокосы — летне-осенний паводок; под все виды сельскохозяйственного и лесохозяйственного использования земель — меженный период. Задача расчетов: придать каналам размеры, обеспечивающие беспрепятственный отвод воды без подпора. Главные требования: максимальные расходы весеннего половодья и летне-осенних паводков должны проходить в бровках каналов, если не допускается затопление земель; уровни воды в принимающих каналах в предпосевной и летне-паводковый периоды должны быть на 10–15 см ниже уровней во впадающих каналах, в которых в свою очередь уровень воды должен быть как минимум на 30–50 см ниже бровки, чтобы обеспечить необходимую норму осушения.

Закрытые коллекторы, к которым присоединяются дрены (закрытые собиратели), устраивают из гончарных или пластмассовых труб диаметром 100–200 мм, длиной до 800–1200 м. Размеры труб коллектора определяют на основе гидравлического расчета в зависимости от площади водосбора и уклона коллектора.

Расход коллектора (Q)

$$Q = q F, \quad (29)$$

где q — дренажный модуль стока (0,4–0,6 л/с-га, редко более); F — площадь водосбора, га.

При впадении коллектора в канал должен быть обеспечен запас не менее 20 см над бытовым уровнем в канале или не менее 40 см над дном канала. Дрены подсоединяют к коллекторам внахлестку или с использованием фасонных деталей. Вывод одиночных дрен в канал ограничивают, т.к. это усложняет уход за каналами. В месте впадения закрытого коллектора в канал устраивают устьевое сооружение или проводят отсыпку щебня.

Строительство осушительной сети (регулирующей, оградительной, проводящей) на минеральных почвах неизбежно связано с нарушением почвенного покрова и извлечением на дневную поверхность значительного количества бесплодного почво-грунта. В связи с этим при строительстве осушительной сети в обязательном порядке предусматривается снятие бульдозерами по трассе дрен и

каналов плодородного почвенного слоя, его буртование с последующим разравниванием по трассам дрен и поверхности поля. Вынутый из каналов почво-грунт формируется в земляной вал (*кавальер*), который располагается по одну или обе стороны от выемки (канала) на расстоянии примерно в 2 м от его бровки. На осушительных системах кавальеры разравнивают *кавальероразравнивателями* слоем 0,15–0,5 м, а против понижений прорезают воронки для стока воды. Кавальеры вдоль крупных каналов используют для устройства полотна дорог.

Каналы (коллекторы) проводящей сети могут оснащаться *шлюзами-регуляторами* — простейшими ГТС, позволяющими регулировать сток воды по каналам, а, следовательно, поднимать (в стадии *увлажнения*) или понижать (в стадии *осушения*) уровень грунтовых вод (УГВ) на осушаемых землях. Различают *предупредительное* и *увлажнительное* шлюзование. Предупредительное шлюзование задерживает в каналах часть вод весеннего стока для сохранения того УГВ, который рекомендуется *нормой осушения*. Этот прием эффективен только в первой половине вегетационного периода и целесообразен в случае, если площадь водосбора осушительной системы превышает площадь шлюзования в 15–30 раз; при меньшей водосборной площади объем воды может оказаться недостаточным.

Увлажнительное шлюзование заключается в подаче воды из имеющегося *водоисточника* в открытую и закрытую осушительную сеть, что позволяет в любое время вегетации поднимать УГВ на необходимую для увлажнения глубину (высоту).

Увлажнение корнеобитаемого слоя регулированием УГВ возможно: при высокой водопроницаемости почвы и подпочвенных горизонтов ($K_{\phi} \geq 1$ м/сут), при менее водопроницаемых грунтах осуществляют мероприятия, направленные на повышение водопроницаемости: кротование, щелевание, глубокое рыхление, которые позволяют применять этот метод при коэффициенте фильтрации почво-грунтов до 0,5 м/сут; при неглубоком залегании водоупора или близком к поверхности стоянии уровня грунтовых вод; при спланированной поверхности почвы (оптимальные уклоны поверхности почвы 0,001–0,002, предельный уклон не более 0,005).

На осушительной системе могут быть и другие ГТС: пруды-накопители дренажного стока, насосные станции для подачи воды в каналы или оросительную сеть (на осушительно-увлажнительных системах), различные биоинженерные сооружения для очистки дренажных и сточных вод и др.

3.2. Инженерно-биологические работы на объектах осушительной сети

Под инженерно-биологическими работами на объектах осушительной сети подразумеваются мероприятия, направленные на повышение плодородия и продуктивности осушаемых почв, устойчивости и ценности ландшафтов, в основу которых положены биологические средства, реализуемые путем инженерных (технических) приемов.

В качестве биологических средств на объектах осушительной сети выступают травянистые растения и древесно-кустарниковые породы, способные накапливать ценную в хозяйственном отношении фитомассу, и обладающие, в той или иной степени, средообразующими, почвоулучшающими и почвозащитными свойствами. Это является основным источником пополнения органического вещества в почве микроорганизмы и другие представители почвенной и аквабиоты, способные разлагать органическое вещество почвы и сточных вод, пестициды, нефтепродукты, накапливать биогенные элементы, тяжелые металлы и др.

При сельскохозяйственном использовании осушаемых земель инженерно-биологические работы направлены на:

- окультуривание почв в период *освоения* осушаемых земель, как основы для высокоэффективного сельскохозяйственного использования;
- получение экономически целесообразных и экологически лимитированных урожаев сельскохозяйственных культур при поддержании в почве бездефицитного (или положительного) баланса гумуса и элементов питания растений;
- предотвращение водной и ветровой эрозии почвы на объектах осушительной сети, других деграционных процессов в почве, снижение уровня загрязнения открытых водных источников дренажными и сточными водами.

На осушаемых землях лесного фонда инженерно-биологические работы направлены на создание и формирование высокопродуктивных, хозяйственно ценных лесных насаждений, сохранение и усиление их полезных функций в части улучшения среды местобитания.

Инженерно-биологические работы по окультуриванию осушаемых почв. Окультуривание почв представляет собой систему мероприятий, направленных на повышение плодородия почв

путем коренного улучшения их водно-физических, агрохимических, биологических и других свойств для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. Они включают первичную и последующие обработки почвы (в том числе агромерлоративные мероприятия по ускорению поверхностного и внутрпочвенного стока избыточной влаги), известкование кислых и фосфоритование бедных фосфором почв, внесение минеральных и органических удобрений и др., обеспечивающих создание мощного плодородного пахотного слоя, севообороты, создание специальных посадок древесно-кустарниковой растительности, посевы трав в сочетании с различными техническими сооружениями (см. главу 9)

Основная задача инженерно-биологических работ в период окультуривания осушаемых земель — восстановить за счет внесения повышенных доз органических удобрений потери гумуса в минеральной почве в результате создания осушительной сети и проведения культуртехнических работ, с доведением его за период *освоения* осушаемых земель до показателей, обеспечивающих в период сельскохозяйственного использования последних проявление максимальной эффективности средств химизации, технологических приемов возделывания сельскохозяйственных культур и продуктивности почвы.

Инженерно-биологические противозрозионные мероприятия. Образующийся поверхностный сток на участках со слабопроницаемыми почвами, расположенными на холмистом рельефе, активизирует эрозионные процессы, ухудшая ценные свойства почвы, что отрицательно сказывается на продуктивности почв и снижении урожайности сельскохозяйственных культур.

На объектах осушительной сети используются различные сооружения, предназначенные для очистки сточных и дренажных вод (*биопруды, биоплато*), а также сооружения для производства биологически активных органических удобрений (*биоферментаторы*).

Для очистки сточных и дренажных вод используются в основном сооружения проточного типа, в которых очистка происходит в водной толще при контакте протекающих сточных или дренажных вод с высшими водными растениями (ВВР), отложениями илов, фито-зообактериопланктоном, бентосными организмами.

Биологические пруды (биопруды) — мелководные акватории произвольной конфигурации с зарослями ВВР, как правило, естественного происхождения, создаваемые в понижениях рельефа местности или на специально обвалованных территориях. Биопруды — это пруды, предназначенные для *биологической очистки сточных вод*.

Используются самостоятельно для очистки микроорганизмами и водорослями стоков, загрязненных легко окисляемыми органическими веществами, или как промежуточный объект между промышленными очистными сооружениями и природными водоприемниками. Они являются хорошим фильтром для задержания органических веществ и удаления их из воды либо в атмосферу в виде газов, либо аккумуляции элементов в самих растениях или в донных отложениях, на которых они произрастают. Растительность биопрудов принимает участие в окислении органической части стока, физических и физико-химических процессах осаждения и поглощения *биоценозом* зарослей биогенных элементов и тяжелых металлов.

Высшая водная растительность биологических прудов в большинстве случаев представлена тростником обыкновенным, рогозом широколистным и узколистным и камышом озерным. Эффективность биопрудов значительно повышается при их каскадном расположении, т.е. в виде каскадных каналов-биопрудов. Протекающие по каскаду сточные воды проходят последовательно через заросли ВВР четырех видов, относящимся к различным экологическим группам (рогоз узколистный, тростник обыкновенный, элодея канадская, ряска), подвергаются воздействию ассоциированного с ВВР фито-зообактериопланктона; осаждаются взвешенные частицы; загрязняющие и биогенные вещества выносятся в результате биопоглощения и аккумулируются в надземной и корневой частях ВВР. На большой площади межканальных промежутков происходит фильтрация воды через почвенный, пронизанный корнями многолетних трав фильтрационный слой, и вынос биогенов в результате процессов биопоглощения последними.

Специалистами Северного НИИ гидротехники и мелиорации разработана и опробована в производственных условиях конструкция водоочистного сооружения в виде каскада каналов-биопрудов с посадками ВВР. Время контакта стоков с биогеоценозом 0,6–6 сут. Степень очистки по аммонийному азоту — 80%, азоту нитритов — 90, азоту нитратов — 60–90, фосфору — 90, органическим веществам (по ХПК) — 40–80, взвешенным веществам — 80–97%.

Биопруды (каналы-биопруды) на осушаемых землях создают в том случае, если сточные воды используются для орошения сельскохозяйственных культур, или осуществляется их транзит через объекты осушительной сети в природные водоисточники.

Биоплато — водоохранные сооружения, в которых сообщества высших водных растений (ВВР) используются в качестве *биофильтров*

для очистки дренажных вод. Представляют собой водоток (канал) или участок водотока, на котором создается определенный гидрологический режим, благоприятный для произрастания ВВР. Основными используемыми растениями здесь являются тростник и рогоз.

При значительной длине сбросного канала используется, кроме прочего, и его способность к самоочищению воды. Для доочистки стока в канале с расходом до $1 \text{ м}^3/\text{с}$ его засаживают ВВР чередующимися полосами по ширине водотока, создавая барьер поступающим загрязнителям. Сам канал используется как накопительная емкость. Площадь, занимаемая ВВР, должна быть не менее 60% акватории каналов и водоемов. Недостатком биоплато является необходимость обеспечения минимальных скоростей воды (не более $0,3 \text{ м/с}$), что снижает пропускную способность каналов.

Биоферментатор — сооружение, предназначенное для ускоренного производства биоудобрений методом аэробной твердофазной ферментации навоза и птичьего помета с углеродсодержащими материалами растительного происхождения (торф, древесные опилки, солома и др.). Представляет собой сооружение размером $5 \times 10 \text{ м}$ (50 м^2) и высотой до $4,5 \text{ м}$, в полу которого вмонтированы перфорированные трубы, тупиковые с одного конца и объединенные с другого конца общим воздуховодом. На задней стенке камеры (с наружной стороны) установлен вентилятор, который через соединительный рукав подает воздух в воздуховод и через перфорированные трубы — в органическую смесь. В передней стенке камеры имеются двухсекционные металлические ворота. В задней стенке и в воротах имеются отверстия для замера температуры и кислорода в массе. Биоферментатор может быть построен из кирпича, железобетона и других материалов. Стандартной (единичной) установкой по производству биокомпостов является 2-камерный биоферментатор с параметрами $(5 \times 10) \times 2 \times 4,5 \text{ м}$. В зависимости от объемов производства биоудобрений на практике могут использоваться батареи из любого числа биоферментаторов.

В основу технологии получения продукта ферментации — компоста многоцелевого назначения (КМН) положен принцип ускоренной биоферментации органических отходов сельскохозяйственного производства (навоз, помет, торф, солома и др.) аэробными термофильными микроорганизмами.

Сущность технологии заключается в создании наиболее благоприятных условий для развития аэробных термофильных микроорганизмов в разлагаемой органической массе. Это достигается путем подбора исходных компонентов с оптимальным соотношением

азота и углерода, доведения исходной смеси до оптимальной влажности, поддержания в ферментируемой смеси соответствующего кислородного режима путем активной ее аэрации.

Основные преимущества указанной технологии по сравнению с традиционными, применяемыми для приготовления компостов:

- сокращение сроков биотермической обработки органического сырья с 60–90 до 7–8 суток;

- высокая агрономическая эффективность получаемого продукта КМН, 1 тонна которого равнозначна 3–4 тоннам навоза или обычного компоста;

- обеззараживание исходного сырья от болезнетворных микроорганизмов и уничтожение семян сорных растений (Н.Г. Ковалев, В.М. Малинин, И.Н. Барановский, 2004).

Для сокращения биоразнообразия очистку берегов каналов от растительности следует производить поочередно. Вначале с одной стороны, затем с другой. Очистку осуществляют вручную и при помощи механизмов. Высадка густокронных растений по берегам каналов способствует затенению и снижению развития водной растительности. При посадке деревьев с двух сторон, на одной стороне предусматривают редкую посадку для обеспечения механизмам подъезда и очистки каналов. Замену труб производят с учетом развития растений и состояния осушительной сети.

4. ИНЖЕНЕРНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ВОКРУГ РЕК И ВОДОХРАНИЛИЩ

4.1. Общие понятия

В жизни людей реки играют огромную роль. С ними связаны и первые поселения человека и культурная история древнейших народов.

Особое значение имели устья рек, освоение которых началось много тысяч лет назад. В устьевых частях Аму-Дарьи, Ганга, Нила, Тигра, Янцзы уже пять тысяч лет назад появилось орошаемое земледелие и высокоразвитая цивилизация.

Реки – это удобные, а местами единственные пути сообщения, источник дешевой энергии, и поставщик рыбных богатств, главный источник питьевого водоснабжения и орошения полей.

Характер каждой реки определяется следующими основными данными: 1) стоком воды ($\text{м}^3/\text{сек}$), 2) уровнем воды, 3) скоростью течения. Все эти показатели динамичны по сезонам года и в многолетнем цикле. Изменение этих данных представляет собой режим реки.

Количество и уровень воды в реке изменяется в зависимости от питания и его изменения. Питание рек происходит при участии поверхностных и подземных вод. В зависимости от типа питания реки подразделяются на несколько групп.

I. Реки, в которых преобладает снеговое питание (например, реки Европейской части России). Во многих из них весенний сток от снеготаяния составляет 50–70 % от годового стока. Сюда относятся многие реки Северного полушария. Кроме воды от таяния снега, они получают дополнительное питание за счет осенних и весенних дождей.

II. Реки, в которых питание происходит преимущественно за счет таяния ледников в горах. К этому типу относятся реки Центральной и Средней Азии, стекающие с высоких гор, покрытых ледниками. К ним относятся Аму-Дарья, Тарим, Сыр-Дарья и др. Протекая преимущественно в областях сухого пустынного климата, характеризующегося незначительным количеством выпадающих атмосферных осадков и огромным испарением, они не только не получают дополнительного питания по пути своего следования, а,

наоборот, теряют много воды на испарение и просачивание. Вследствие чего многие из них не достигают своего устья и теряются в песках пустыни.

III. Реки, в которых питание осуществляется главным образом за счет дождей. Сюда относятся реки областей с незначительными снеговыми осадками и большим количеством дождей, выпадающих в летнее и осеннее время. Например, на Дальнем Востоке около 20% годовых осадков составляет снег, а 80% приходится на долю дождей. К этому типу относятся такие крупные реки как Амазонка, получающая только 0,01 часть воды от таяния снега в горах, Конго, Нил, Ориноко, Амур и др. Дождевое питание имеют реки Франции и некоторых других стран Европы, где сильные и затяжные дожди выпадают осенью и зимой.

IV. Реки, которые характеризуются смешанным питанием. Это реки Кавказа, некоторые реки Индии, Средней Азии.

В зависимости от характера и интенсивности питания изменяется режим рек в течение года. Для примера возьмем равнинные реки Европейской части России. Питаются они главным образом за счет таяния снега и частично за счет дождей. Около 4–5 месяцев они скованы льдом. Большинство из них замерзает в первой половине ноября или в конце октября; ледоход начинается в марте и начале апреля. Весной с наступлением оттепелей в реки начинает стекать талая снеговая вода. Через некоторое время, взламывается лед и наступает весенний ледоход. Большое количество талых снеговых вод, стекающих с водосборной площади, вызывает быстрый и резкий подъем воды. Река выходит из берегов и заливают обширные пространства поймы. Подъем уровня воды продолжается в течение 20–25 дней, иногда больше (максимум достигает обычно в мае), а затем начинается постепенный спад, который растягивается на период от 40 до 60 дней. В конце лета уровень воды в реке достигает своего наиболее низкого положения — минимума. Период наименьшего количества воды в реке и наименьшего уровня ее называется меженным временем или «меженью». Момент в жизни реки, характеризующийся резким увеличением количества воды и подъемом ее уровня в результате таяния зимних запасов снега, называется половодьем. Средняя скорость течения у спокойных относительно небольших равнинных рек (Ока, Москва и др.) — 0,5–0,6 м/сек, у крупных рек (Волга, Днепр) достигает 1 и более м/сек. Скорость течения не постоянна, и изменяется во времени и в пространстве. Минимальные скорости течения наблюдается в меженный период, максимальные — в половодье.

Каждая река обладает способностью производить работу, называемую энергией реки или ее живой силой. Живая сила реки (K) пропорциональна массе воды (m) и квадрату скорости течения (C):

$$K = \frac{m \cdot v}{2} \quad (30)$$

Чем больше в реке воды и чем выше скорость течения, тем значительней работа, совершаемая рекой.

Работа реки заключается в следующем:

1) эрозия (размыв), 2) перенос (транспорт) материала, полученного в результате эрозии и выветривания; 3) аккумуляция (накопление) перемещаемого материала по пути движения воды.

В зависимости от соотношения между живой силой реки (K) и грузом (L), который она несет с собой, меняется эффективность работы реки. Возможны три случая:

1. $K > L$ — преобладает эрозия;

2. $K = L$ — наблюдается равновесие между эрозией и аккумуляцией;

3. $K < L$ — преобладает аккумуляция.

Это соотношение для одной и той же реки меняется на всем ее протяжении.

Равнинные реки переносят продукты разрушения горных пород преимущественно во взвешенном и растворенном виде.

Речные долины — это сильно вытянутые в длину, извилистые врезы в земную кору различной ширины. Образуются они в результате эрозионной деятельности. Выделяют следующие элементы долины: дно, тальвег, русло, пойму, террасы, меандры, старицы, склоны, коренной берег. Дно — низшая часть долины; линия, соединяющая в продольном направлении самые низкие точки дна долины, называется тальвегом.

Русло — наиболее низкая часть дна долины, по которой течет вода; поперечный разрез водного потока называется живым сечением.

Пойма (терраса) — затопляемая в половодье часть долины. Ширина поймы у разных рек различная, в крупных равнинных реках она достигает нескольких километров (10–15 км и более). Поймы бывают низкие, заливаемые ежегодно, и высокие, заливаемые только в наиболее сильные половодья, когда уровень воды в реках поднимается выше меженного уровня на 10–15 м.

Терраса — площадка в русле реки или на склонах долины. Террасы подразделяются на поперечные и продольные.

Поперечные террасы (рис. 22) представляют собой ступень, перпендикулярную к направлению долины; они образуются в местах

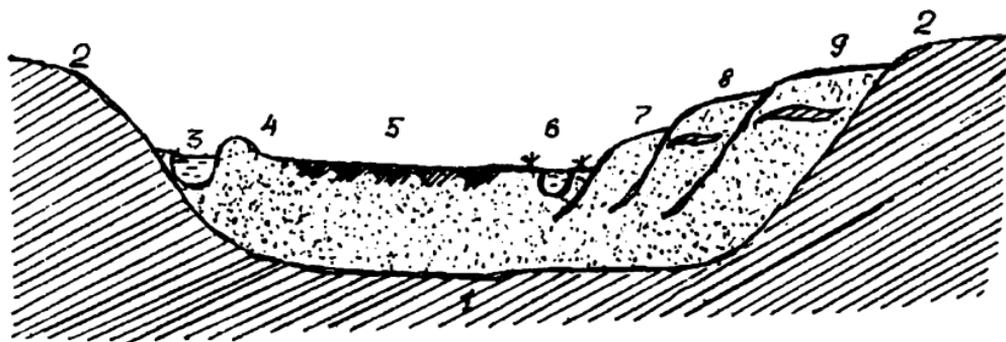


РИС. 22. Поперечное сечение речной долины.

1 — коренное ложе; 2 — коренной склон; 3 — русло; 4 — прирусловая пойма; 5 — центральная пойма; 6 — притеррасная пойма со старицами; 7 — первая надпойменная; 8 — вторая надпойменная; 9 — третья надпойменная терраса.

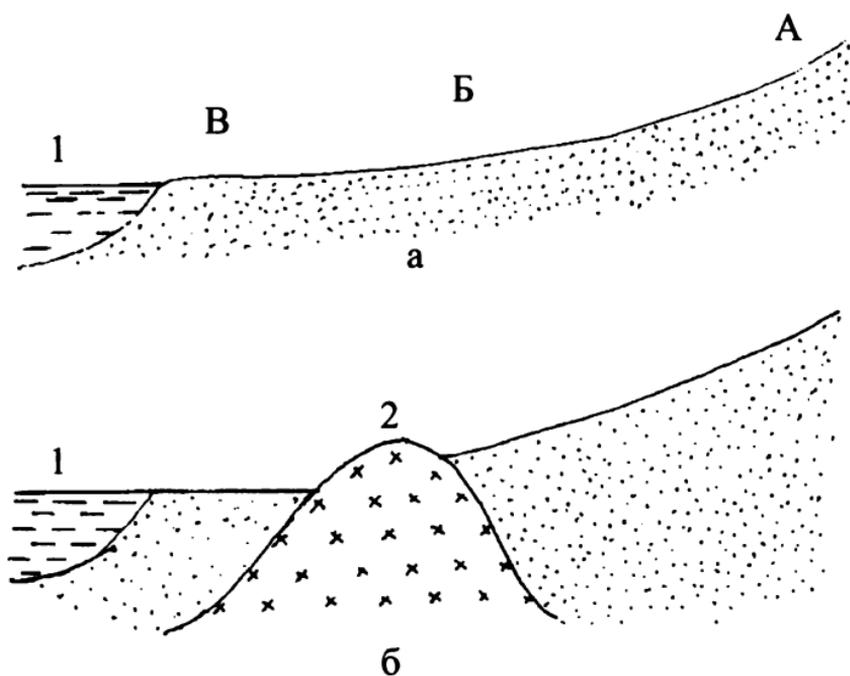


РИС. 23. Схематический продольный профиль реки (1):

а — нормальный, б — продольный с поперечной террасой — порогом, являющимся местным базисом эрозии. А — зона размыва, Б — зона переноса, В — зона отложения.

выхода по долине реки пород, более прочных, чем распространенные выше или ниже по течению. Поперечные террасы обуславливают образование на реках водопадов и порогов.

Так, известны знаменитые пороги на Днепре в районе г. Запорожья, являющиеся выходами по долине реки трудно размываемых древних кристаллических пород.

Продольные или надпойменные террасы — это горизонтальные или слабо наклоненные в сторону русла площадки, расположенные вдоль реки, выше ее поймы. Образуются они чаще всего вследствие периодического врезания реки в дно долины, обусловленного колебательными движениями земной коры. Общее количество террас у равнинных рек может достигать четырех — шести. Высота продольных террас над руслом изменяется от нескольких метров до нескольких сотен метров, ширина — от нескольких метров до нескольких десятков километров. Все надпойменные продольные террасы представляют собой остатки древних днищ речных долин, приподнятых над современным дном колебательными движениями земной коры.

Главным фактором образования террас помимо колебательных движений земной коры, может быть понижение уровня воды в водоеме, куда впадает река. Продольные террасы — очень удобные строительные площадки, на которых располагаются села, города, заводы, трассируются железные дороги, создаются лесные массивы.

Меандра — это изгиб, или излучина, образованная рекой.

Перенос реками продуктов разрушения горных пород и их разгрузка формируют уникальные породы — аллювий, который служит материалом для формирования почв.

В общей системе почв мира (Г.В. Добровольский) аллювиальные почвы занимают особое положение, определяемое спецификой условий почвообразования в поймах и дельтах рек. Режимно-экологическая общность формирования обусловила ряд общих черт их строения, вещественного состава и свойств. Главными из них являются слоистость почвенного профиля, как следствие прерывности почвообразования в результате затопления почв паводковыми водами и отложения на их поверхности аллювия, наличие в их составе не только автохтонного, но и аллохтонного органического вещества, большое количество гидроморфных новообразований различного химико-минералогического состава, высокая биологическая активность и устойчивое плодородие пойменных и дельтовых почв, в следствии обеспеченности их водой и элементами питания растений.

В силу своей молодости эти почвы легко ранимы и небрежное к ним отношение приводит к разрушению уникальных пойменных ландшафтов.

Интенсивное техногенное воздействие на почвы вызывает общее увеличение их эрозии. По существующим подсчетам, масса выветрившихся и переотложенных за 3,5 млрд. лет пород составляет около $2 \cdot 10^{18}$ т, т.е. в среднем около $0,57 \cdot 10^9$ т/год. В настоящее время речной сток взвешенных веществ в океан составляет $18,5 \cdot 10^9$ т/год (Лисицин, 1974). Таким образом, современная интенсивность денудации в 30–40 раз выше, чем в среднем за весь биогенный этап геологического развития Земли.

Увеличение речного твердого стока приводит к ухудшению качества воды, условий водозаборов, к заилению водохранилищ, а также устьев и аванделът рек, мелководий шельфа со всеми вытекающими экономическими последствиями.

Обострилась проблема дренажного стока минерализованных вод. В настоящее время площадь орошаемых земель в мире составляет 200–225 млн. га. Из них дренируется около 100 млн. га.

Подсчеты В.А. Ковды показывают, что вынос солей с дренажным стоком составляет, по крайней мере, 20 т/га в год.

Дренажные воды часто сбрасываются в реки, что приводит к росту минерализации речных вод до 1–3 г/л практически во всех аридных районах мира. Одновременно в реки поступают биоциды.

Речные воды становятся непригодными для питьевого водоснабжения, а часто и для орошения.

Все это требует инженерно-биологических работ вокруг рек, с тем чтобы сократить размеры эрозии и загрязнения окружающей среды.

4.2. Значение береговой растительности

В зависимости от высоты местоположения, формы долины, вида и состава имеющейся растительности, а также колебания уровня воды, реки обрамляются различными формами растительности. Это может быть пионерная травянистая, древесно-кустарниковая растительность.

Береговая растительность (рис. 24) является многофункциональной и играет большое значение для решения технических, экологических, экономических и эстетических задач.

Растительность берегов рек выполняет следующие функции:

- осуществляет передачу веществ и энергии;
- защищает берега от эрозии, снижает скорость потока при наводнении;
- улучшает микроклимат, изменяет освещенность, снижает скорость воздушных потоков, и колебания температуры воды, воздуха, почвы;

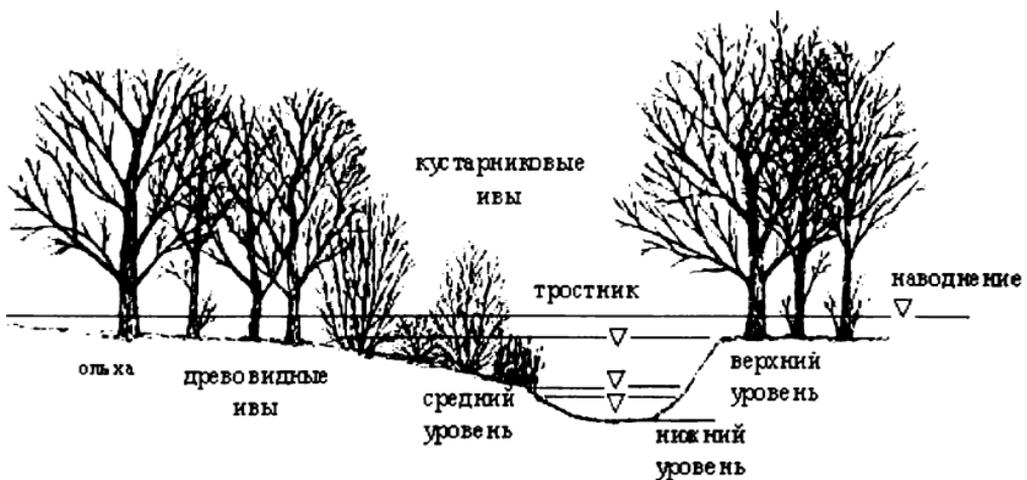


РИС. 24. Береговая растительность равнинных рек в Германии.

- содействует образованию экологических ниш и небольших жизненных пространств для флоры и фауны;
- выполняет фильтрацию и задержку поступления вредных веществ (пыль, удобрения, пестициды, выхлопные газы и т.д.) в воду;
- обеспечивает дополнительное усвоение различных, в том числе и нежелательных элементов (азота, фосфора и др.);
- является миграционным коридором для флоры и фауны.

Для окружающей среды это имеет следующее значение:

- укрепление берегов и дамб, защита прилегающих территорий;
- обеспечения жизненного пространства, в том числе и для видов, которым нет места в культурном ландшафте;
- фильтрация и задержка разноса твердых фракций (растительные остатки, галька, ил и др.);
- улучшения эстетического вида ландшафта;
- место отдыха, охоты, рыбалки;
- получение древесины;
- обеспечение основ жизни человека.

4.2.1. Укрепление берегов рек

Для зданий и сооружений, расположенных в речных долинах, подъем берегов, в том числе и древних террас, углубление дна реки в ряде случаев представляет значительную опасность. Это приводит к обрушению берегов, сокращению строительных пло-

цадок, появлению обвалов, оползней и другим нежелательным явлениям.

Скорость размыва берегов, сложенных рыхлыми породами, может быть значительной. Так, река Кубань ниже г. Краснодара в отдельных случаях размывала лессовый берег со скоростью до 20 м в год.

Водоемы и их береговая растительность, необходимые элементы современного ландшафта. Антропогенные вмешательства в речные ландшафты (транспортное вмешательство, создание водоканалов, деятельность населения) привели к значительному изменению речной поверхности, к ослаблению скорости течения.

Изменение представлений значительности этих показателей для окружающей среды в течение последних десятилетий привело к изменению процесса выбора в проведении мероприятий на реках и речных долинах.

Основными целями мероприятий на них является:

- сохранение и восстановления экологической функции рек;
- защита жизненного и экономического пространства для человека.

Для этого следует осуществлять:

- восстановление береговой растительности;
- регулирование продольного и поперечного профиля русла;
- содействие естественному процессу восстановления речных экосистем.

Инженерно-биологические методы - важная составная часть этих мероприятий. Они играют большую роль при сооружении и восстановлении береговой растительности, вследствие чего способствуют не только оживлению водоемов, но и выполняют защитную функцию для берегов. Их нужно понимать не как замену, а как необходимое и рациональное дополнение слишком чисто техническим инженерным строительным методам.

Основные инженерно-биологические методы укрепления берегов приведены в главе 9.

Способы укрепления подводной и надводной частей берега различны. Подводную часть берега ниже межевого горизонта следует укреплять каменной наброской и фашинами, надводная часть крепится бетоном, подпорными стенками, габионами и др.

Выше среднего уровня воды можно укреплять берег растениями или комбинациями из камня и растений. Также используются опорные стены и габионы.

В отдельных случаях интенсивная боковая эрозия заставляет переносить сооружения подальше от берега. Так, например,

произошло с городом Турткулем. Эрозионная деятельность Аму-Дарьи заставила перенести этот город на новое, безопасное место. Так возник новый город Нукус.

Донная эрозия наиболее опасна опорам мостов, поэтому они должны иметь достаточное заглубление. Следует учитывать движение льда, так как заторы могут вызывать резкий подъем уровня реки и затопление прибрежных районов. Заторы следует разрушать, а в местах их образования заранее производить отвалование берегов.

Неблагоприятно сказываются паводки на пойму реки. Сооружения и берега долины необходимо защищать земляными дамбами, отсыпкой камня и другими способами, позволяющими нейтрализовать эрозионную силу паводковых вод. Для строительства более благоприятны неподмываемые и незатопляемые участки долины.

4.2.2. Укрепления берегов рек защитными лесными насаждениями

Для укрепления и защиты берегов от разрушения и водных источников от заиления, загрязнения создаются береговые защитные насаждения. Они предотвращают эрозию и абразию, укрепляют почву, создают водопрочную структуру, в период половодий и паводков задерживают наносы, переводят поверхностный склоновый сток во внутрипочвенный. Кроме того, эти насаждения улучшают санитарно-гигиеническое состояние водоемов и прилегающих к ним территорий, повышают эстетичную привлекательность ландшафтов и уменьшают испарение с поверхности воды.

Для защиты рек от истощения, засорения, загрязнения и заиления в зависимости от формы речных долин, их облесенности, характера существующих угодий создаются водоохранные зоны. В них включают склоны коренных берегов с балками и оврагами, выпадающими в речную долину, надпойменные террасы и поймы.

Наименьшая ширина водоохранной зоны (до 100 м) устанавливается при длине реки меньше 50 км, двухсотметровая — вокруг рек протяженностью до 100 км, а свыше 100 км — отводится трехсотметровая полоса. На крупных реках размеры водоохранной зоны колеблются от 500 м до нескольких километров.

В пределах водоохранной зоны по берегам рек выделяется прибрежная полоса строгого ограничения хозяйственной деятельности. В ее пределах запрещается распашка земель, выпас и организация летних лагерей скота, применение ядохимикатов и удобрений, строительство баз отдыха и палаточных городков, производственное строительство и т.д.

В сложной системе защитных лесных насаждений в поймах равнинных рек особое значение придается прирусловым лесным полосам, расположенным непосредственно вдоль русла реки, ее рукавов, и береговым насаждениям на коренных берегах долин. Здесь растения являются основными биогеохимическими барьерами на пути миграции загрязняющих веществ и ионного стока.

Прирусловые лесные полосы укрепляют берега рек, защищают их от размыва, а русло от заиления; улучшают санитарное состояние речных вод, предотвращая их загрязнение.

Эти полосы снижают скорость ветра и ослабляют испарение с водной поверхности. На малых реках предотвращают зарастание водотоков растительностью и в целом улучшают условия для рыбозаведения. Прирусловые полосы аккумулируют твердый сток, предотвращают занос песком и размыв плодородных почв поймы, оказывают положительное мелиоративное влияние на прилегающие сельскохозяйственные угодья.

Размещение и ширина прирусловых лесных полос зависят от величины реки, состояния и типа берегов, интенсивности весеннего половодья, характера использования прирусловой поймы и некоторых других факторов. По своей конструкции они, как правило, проектируются из двух поясов — кустарникового и древесно-кустарникового.

Кустарниковые ивы высаживаются по бечевнику, русловому откосу до бровки поймы. На крутых подмываемых берегах кустарники размещают на прирусловой пойме в зоне возможного скалывания. На высоких берегах, быстро разрушающихся от сильного подмыва и не имеющих бечевников, речная (нижняя) граница лесной полосы размещается за бровкой русла на расстоянии, равном ширине ожидаемой 3–5-летней переработки (скалывания) берега.

На выпуклых участках пологих намываемых берегов речная опушка лесной полосы отодвигается от меженного уреза воды на ширину незаросших пляжей, чтобы чрезмерно не сужать весенний водоток в русле.

В дополнение к кустарниковому поясу на прирусловой пойме создается древесно-кустарниковый пояс, который в половодье имеет струнаправляющее значение. Поэтому он должен быть максимально плотным по вертикальному профилю, а речная опушка древесно-кустарникового пояса должна иметь плавные закругления и не вызывать скопления льда и мусора на изгибах рек при высоких уровнях половодья.

Размещение верхней (пойменной) опушки прирусловой лесной полосы определяется шириной зоны смыва, размыва или отложенных речных наносов, а также ценностью луговых угодий в прирус-

ТАБЛИЦА 18. Ширина прирусловых лесных полос в зависимости от типа берегов (по В.Г. Шаталову)

Реки, их длина	Ширина по типам берегов (м)		
	вогнутый	выпуклый	прямолинейный
Самые малые, до 25 км	15	10	10
Малые, 25–50 км 51–100 км	20	15	15
	30	20	20
Средние, 101–200 км 201–500 км	50	30	30
	100	50	30

ловой пойме. Общая ширина прирусловой лесной полосы по каждому берегу изменяется в зависимости от величины реки и типа берега (табл. 18).

Минимальная ширина прирусловых лесных полос (до 10 м) допустима на устойчивых задернованных берегах, когда не происходит размыва и отложения наносов вдоль рек, отличающихся слабой эродированностью, отсутствием русловых деформаций, незначительным поверхностным стоком.

Максимальная ширина для прирусловых лесных полос рекомендуется на вогнутых подмываемых берегах при наличии интенсивных эрозионных и русловых процессов, а также на землях, не используемых в сельскохозяйственном производстве.

Ширина прирусловых полос вдоль рек, к которым примыкают периодически распахиваемые земли, увеличивается на затопляемой пойме до 30–50 м, на незатопляемой пойме — до 20 м. При наличии в пойме понижений и ложбин, по которым в русло реки поступает твердый сток, прирусловая лесная полоса аккумулярующего назначения проектируется шириной до 50 м, независимо от характера использования поймы. При подходе русла реки непосредственно к коренному берегу долины ширина прирусловых полос увеличивается до 50 м, а эродированный крутой склон подвергается сплошному облесению и укреплению инженерно-биологическими методами (глава 9).

В верховьях рек (до 50 км от истока) рекомендуются полосы шириной в пределах 10–20 м, создаваемые по принципу прибалочных

полос. С последующим расширением рек и их пойм, удалением от истока, ширина лесных полос увеличивается.

На приусадебных и дачных участках рекомендуются узкие 2–4-рядные полосы с обязательным соблюдением установленного водоохранного режима использования. Вдоль рек, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения, и в пределах зон санитарной охраны ширина прирусловых полос устанавливается согласно максимальных нормативов.

Вдоль обвалованных рек прирусловые лесные полосы размещают на русловом откосе, на внутреннем откосе дамбы и за внешним откосом дамбы. В прирусловых насаждениях предусматриваются разрывы различного назначения: ландшафтные для формирования пейзажей, рекреационные для пляжей, хозяйственные (переправы, водозаборы, водопои, участки притонения, пристани и пр.).

Прирусловые лесные полосы не рекомендуются: на заболоченных поймах рек; на участках, где намечается спрямление или расчистка русла; на участках, где предусмотрено проведение осушительных работ и работ по регулированию стока реки; на землях, не пригодных для лесоразведения (большая каменистость, засоленность почвогрунтов).

Подбор пород для создания прирусловых защитных лесных полос осуществляется на основании изучения почвенных и гидрогеологических условий: продолжительности проточного затопления в половодье и глубины залегания грунтовых вод. Следует использовать преимущественно влаголюбивые породы: ивы, тополя, ольху черную. На более плодородных и дренированных почвах следует высаживать дуб черешчатый, ясень обыкновенный, которые успешно выдерживают проточное затопление до 30 дней. На высоких прирусловых гривах, сложенных супесчаными наносами, при редком и кратковременном затоплении (до 15 дней) выращивают сосну, березу.

Для создания кустарникового пояса по русловому откосу рекомендуются преимущественно кустарниковые ивы: трехтычинковая, русская, пятитычинковая, пурпурная, серая, конопляная, остролистная и другие. Заготовку хлыстов и черенков лучше производить на той же реке в естественных зарослях. В древесно-кустарниковом поясе на прирусловой пойме из кустарников рекомендуются боярышник, бузина, жимолость, калина, клен, облепиха, спирея, свидина, смородина, скумпия, сирень, шиповник и другие. Для защиты полос от потравы скотом в опушку со стороны поймы вводятся колючие кустарники: лох, терн, шиповник, боярышник и др.

Ивы разводятся черенками, кольями, хлыстами, посевом семян. Ветла высаживается кольями или саженцами. Все остальные породы высаживаются сеянцами или саженцами. Тополя лучше высаживать сеянцами или предварительно укорененными черенками. Дуб вводится посевом наклюнувшихся желудей или сеянцами.

В кустарниковом поясе размещение посадочных мест на относительно устойчивых берегах составляет $1,5-2,5 \times 0,5$ м. На размываемых откосах и бечевниках рекомендуется более загущенное размещение — $1 \times 0,5$ м. В древесно-кустарниковом поясе при порядном смешении древесных пород и кустарников ширина междурядий устанавливается в $1,5-2,5$ м, а размещение в ряду $0,7-1,5$ м. Во всех тополевых и ветловых полосах ширину междурядий следует устанавливать в $2,5-3$ м, размещение в рядах — $1,5$ м. При минимальной ширине древесно-кустарникового пояса (из 3–5 рядов) кустарники вводятся смешением с древесными породами в рядах, а со стороны поля рекомендуется ряд колючего или плодового кустарника.

При создании кустарникового пояса по русловому откосу посадка производится без предварительной подготовки почвы с одновременным изготовлением посадочных мест: ямками, щелями, шурфами. Посадка производится весной, после спада полых вод, во влажную почву. При этом не следует дожидаться полного освобождения от воды руслового откоса, а по мере готовности постепенно производят посадочные работы. В зонах хорошего увлажнения возможны и летние посадки; в этом случае ивовые черенки заготавливают и сразу же удаляют появившиеся листья, не повреждая кору. На самых низких уровнях, подвергающихся длительному затоплению, возможны осенние посадки крупным материалом.

Подготовка почвы под древесно-кустарниковый пояс на прирусловой пойме должна производиться по системе черного пара. На участках, подверженных смыву, следует производить защитный посев озимых или люпина, оставлять высокую стерню из-под зерновых. На очень смывоопасных вогнутых участках во избежание размыва подготовку почвы производят полосами, бороздами или ямками. Встречающиеся ложбины надо оставлять в задернованном состоянии. Ширина обрабатываемых полос под ряды должна составлять $1,2-1,5$ м, при этом ширину междурядий принимают $2,5-5$ м.

На высоких участках прирусловых валов, не подвергающихся кратковременному затоплению, возможна весенняя посадка до затопления, а на остальных участках, как правило, после спада полых вод. Посадка древесно-кустарникового пояса осуществляется

механизированным способом, кустарникового по откосу — ручным. Возможно посадку прирусловых полос производить в два срока: в первую очередь кустарниковый пояс, а на 2–3-й год — древесно-кустарниковый.

На крутых подмываемых участках с интенсивным разрушением берегов предварительно производится сполаживание откоса для придания угла естественного уклона и облесение откоса производится кустарниками в комплексе с берегоукрепительными простейшими сооружениями. На рыхлых грунтах по откосу сверху вниз под углом 45° к урезу воды по течению через 1,5–2 м делают канавки глубиной 0,5 м, по дну которых через 0,4–0,5 м вбивают в щель свежие колья ивы белой длиной 1–1,2 м и толщиной 3–5 см. Верхний конец кольев оставляют на одном уровне с поверхностью откоса. С использованием свежезаготовленных хлыстов ивняка заплетают по кольям плетень с оставлением верхушек хлыстов над плетнем. После этого канавки засыпают землей и уплотняют. Для укрепления откосов следует использовать только кустарниковые ивы, успешно переносящие длительное затопление: трехтычинковую, пурпурную, русскую, шерстистопобеговую, серую, миндальную, а также иву белую (кустарниковая форма).

В условиях более плотного суглинистого грунта, менее размываемого, применяется более упрощенный способ посадки. Так же изготавливают мелкие канавки глубиной 0,1–0,2 м, в которые укладывают свежесрубленные хлысты ивы толщиной до 8–10 см и длиной 3–5 м. Для лучшего закрепления хлысты в канавке прижимают ко дну рогатками и присыпают землей. Вершинки хлыстов оставляют открытыми на уровне поверхности откосов. Нижняя часть хлыстов должна быть ниже уровня воды — в жидком грунте.

На более опасных участках откосов, интенсивно разрушающихся потоком воды, производится устилочный способ закрепления: по выположенному откосу через 50–60 см раскладывают ветвистые хлысты ив. Комлевые концы ив укрепляют в жидкий грунт ниже меженного уровня воды. Затем хлысты укрывают ветвями лиственных пород (от рубок ухода и лесозаготовок). Толщина слоя ветвей должна составлять 20–30 см. На ветви накладывают проволочную сетку и прищипливают ее к откосу проволочным креплением. В верхней части откоса концы проволоки крепят к столбам через каждые 3–5 м, внизу — к крупным камням или кольям. По боковым краям устилочного крепления укладывают поперечные бруски или бревна, прикрепляемые к столбам, вкопанным в грунт. Ивовые хлысты должны быть слегка присыпаны грунтом для лучшей приживаемости,

а при большей скорости воды нижний часть крепления усиливается каменной наброской, в качестве которой используются глыбы мела, известняка и других материалов, заготавливаемых в обнажениях коренных берегов долины (глава 9).

Для закрепления невысоких берегов (1,5–2 м) и формирования устойчивого бечевника в нижней части откоса следует создавать водоотводные плетни. По меженному уровню реки в канавки глубиной 20–30 см вбиваются ивовые колья на глубину 0,5–0,6 м и столько же оставляют над поверхностью. Через каждые 5 м под углом 45° к течению делают боковые канавки глубиной 20–30 см, в которые также вбивают колья от воды до крутой части откоса. Далее по кольям продольной и поперечной канавок изготавливают плетень высотой 0,5 м из свежих хлыстов кустарниковых ив. При этом нижние концы хлыстов втыкают в дно канавок, а верхушки оставляют для дальнейшего роста над плетнем. Плетение делается общим для лучшего крепления, затем засыпают канавки и нижнюю часть плетня. Через 1–2 года между поперечными плетнями произойдет кольматаж ила из водного потока и за счет осыпания откоса, тогда в свежие отложения высаживают черенки или колья ив в шахматном порядке с размещением 1 × 0,5 м.

В остальных случаях с особо интенсивными процессами разрушения берегов следует возводить инженерные сооружения типа бун, укрепления из бревен, горбылей, камней (в том числе меловых), в комбинации с растениями (глава 9). Эти сооружения ведут иногда к резкому изменению русловых процессов и поэтому должны обосновываться, исходя из гидрологических расчетов. Следует иметь в виду, что эффективность бун и других сооружений значительно повышается, если они применяются в комплексе с ивовыми плетнями и посадками.

Уход за кустарниковым поясом в первые 2–3 года заключается в opravке вымытых растений, освобождении их от мусора, камыша. Поломанные и поврежденные побеги обрезают на пень, что способствует большей их кустистости. В дальнейшем производится лишь омоложение кустарникового пояса рубкой на пень с одновременной заготовкой хлыстов для посадочных работ. Не допускается «перерастание» других пород (ветлы, тополей) в крупномерные стволы, поэтому их поддерживают в кустарниковой форме.

Уход за почвой в древесно-кустарниковом поясе осуществляется в виде прополки и рыхления в течение 3–5 лет. В первые два года проводится не менее 4 уходов. Механизированный уход в междурядьях дополняется ручным в рядах. При полосной подготовке

почвы во избежание смыва междурядья оставляют в задернованном состоянии. Для усиления кушения кустарники на 3–4-м году срезают на пень. При большом отпаде (более 20%) на 2–3-й год производится после спада полых вод дополнение посадок.

На особенно смывоопасных участках допускается высеивание в междурядьях многолетнего люпина. В этом случае уход за полосами не осуществляется. При наличии местного материала (камыш, солома, хворост и пр.) на смывоопасных участках в междурядьях молодых насаждений его раскладывают и притуживают. При высокой сохранности и отсутствии сорняков посадки в уходах не нуждаются.

Надежной защитой от скота служат опушечный ряд из колючих кустарников, а также междурядья, засеянные люпином. Люпин, кроме того, обогащает почву питательными веществами.

Береговые насаждения на коренных берегах долин. Они могут быть сплошными или в виде припойменных (подоткосных) и приречных (надбровочных, верхних береговых) лесных полос (рис. 25). Припойменные лесные полосы создаются у основания коренного берега, окаймляют пойму для защиты ее и русла от заиления и загрязнения, улучшения микроклиматических условий и предотвращения размыва берега полыми водами. Нижняя граница припойменной лесной полосы размещается по урезу максимального уровня воды в половодье.

Ширина припойменной лесополосы составляет 10–20 м; в устьевых частях балок она увеличивается по принципу насаждений — илофильтров. Увеличение ширины целесообразно за счет облесения нижней части коренного берега или прилегающего склона надлуговой террасы. Припойменные лесные полосы должны иметь плотную конструкцию.

Приречные (надбровочные, верхние береговые) лесные полосы создают вдоль бровки крутого берегового откоса для улучшения химических и бактериологических показателей воды регулируемого стока, защиты коренных берегов от эрозии, улучшения микроклиматических условий на прилегающих склонах и ландшафтно-декоративного оформления берегов речных долин.

Ширина приречной полосы зависит от протяженности и уклона примыкающих к бровке берега склонов, степени их эродированности, хозяйственного использования и других факторов. На малых реках ширина устанавливается в пределах 10–20 м, на средних реках при наличии сильно смытых склоновых земель должна увеличиваться до 50 м. С учетом конкретных условий микрорельефа и поверхностного стока по водоподводящим ложбинам ширина ле-

сополос всегда увеличивается и предусматриваются водозадерживающие валы или каналы.

В зависимости от условий, целей и задач густота растений регулируется на основе специальных расчетов. Излишняя густота растений может повышать уровень воды по течению, замедлять скорость течения, что создает неблагоприятные последствия при наводнениях. Чем уже русло реки, тем это влияние сильнее.

Приречная лесная полоса создается всегда плотной конструкции в целях лучшего снегозадержания и водопоглощения по принципу прибалочной лесополосы.

При небольшой длине склонов (не более 100 м) речных долин и слабой интенсивности эрозионных процессов создаются либо припойменные, либо приречные лесополосы. При слабо вы-

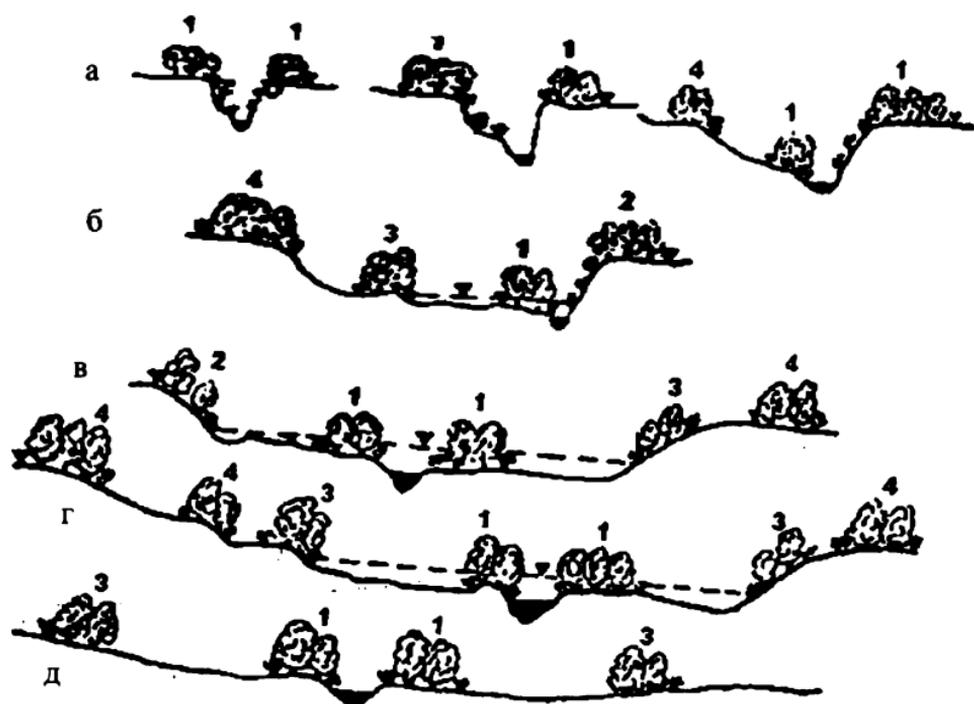


Рис. 25. Размещение лесных полос в водоохранных зонах рек (по В.Г. Шаталову):

а — пойма реки отсутствует; б — пойма реки односторонняя; в — пойма реки двусторонняя; г — пойма реки с террасами; д — пойма реки с неявно выраженным профилем. Лесные полосы: 1 — прирусловые; 2 — береговые на коренных берегах; 3 — припойменные; 4 — приречные; ▼ — максимальный уровень половодья.

раженных коренных берегах и в случае отсутствия эрозионных процессов на луговых склонах припойменные лесные полосы создаются.

Сплошные насаждения по берегам речных долин создаются с целью снижения интенсивности эрозионных процессов, аккумуляции твердого стока, ослабления поверхностного стока, поступающего с прилегающих склонов, и рационального использования непродуктивных в сельскохозяйственном производстве площадей, наиболее опасных в эрозионном отношении (крутые откосы, осыпи, оползни, пески, каменистые обнажения и др.)

Сплошному облесению подлежат также сильно- и среднее смытые участки пастбищных угодий низкой продуктивности, изрезанные промоинами, рытвинами на склонах крутизной свыше 12–15°. Такие участки не предусматриваются под террасирование или залужение. При небольшой протяженности (30–50 м) берегов долин и их крутизне 6–12°, с наличием смытых почв, целесообразно их сплошное облесение. В этом случае припойменные и приречные лесополосы не создаются.

При невозможности сплошного облесения берега из-за большой крутизны откосов или каменистости и плотности обнажений (известняки, песчаники, мел и пр.) производится полосное или куртинное облесение берегов, где позволяют почвенно-растительные условия, в комплексе с посевом трав (шалфея, синяка, донника, чабреца, люцерны эспарцета, клевера, костра, овсяницы, пырея, люпинов)».

Кроме этих насаждений могут формироваться полезащитные лесные полосы поперек поймы, аккумулярующие и почвозащитные посадки на песчаных отложениях, почвозащитные насаждения на конусах выносов овражно-балочных систем, впадающих в пойму, а насаждения — илофильтры в устьевой части балок, насаждения вокруг старых озер, болот и других пойменных водоемов, насаждения на заболоченных участках поймы.

4.3. Инженерно-биологические работы в зоне водохранилищ

На земном шаре ежегодно вступает в эксплуатацию от 300 до 500 новых водоемов-водохранилищ. Общее их число превысило 30 тыс., площадь водного зеркала — около 400 тыс. км², а с учетом

подпруженных озер — 600 тыс. км². Многие крупные реки планеты — Волга, Ангара, Миссури, Колорадо, Парана и др. — превращены в каскады водохранилищ. В перспективе предполагается зарегулировать 2/3 рек земного шара.

4.3.1. Влияние водохранилищ на прилегающие территории

С одной стороны водохранилища необходимы для социально-экономического развития общества, для удовлетворения его потребности в воде, в продовольствии, энергии, отдыхе, в борьбе с наводнениями и т.д., а с другой — оказывают также и отрицательное воздействие на природу и хозяйство речных долин выше и ниже створа платин. Строительство водохранилищ сопряжено с негативными изменениями в окружающей среде. Это прежде всего связано с затоплением и подтоплением территорий, вызывающем резкие изменения в производительности почвенного покрова, составе и биологической продуктивности фитоценозов.

В целях предотвращения действия неблагоприятных факторов, а также выбора оптимальных путей использования трансформированных прибрежных территорий необходимы глубокие и всесторонние исследования ландшафтов, испытывающих влияние со стороны искусственных водоемов.

Так, в зоне Воронежского водохранилища (с марта 1972 г.) проводится постоянный мониторинг за его воздействием на прилегающие территории с тем, чтобы своевременно провести реконструкцию трансформированных берегов.

После создания в результате быстрой фильтрации воды в берега, сложенные древнеаллювиальными среднезернистыми песчаными отложениями, а также подпора грунтового потока произошло сильное поднятие грунтовых вод: в верховьях — на 1,29 м, в средней части — на 3,24 и в низовье — на 5 м. В прибрежной полосе на низких участках террасы грунтовые воды поднялись к поверхности и сохранялись в течение всего периода наблюдений на глубине 10–37 см. На более высоких участках террасы с глубиной грунтовых вод до строительства водохранилища равной 1,5–1,7 м и 2,5–2,8 м уровень воды установился соответственно 50–60 см и 100–150 см. Отличительной особенностью исследуемой территории является относительная стабильность уровня грунтовых вод во времени.

Аналогичная картина наблюдается и в других регионах с той разницей, что зоны подтопления, уровень грунтовых вод и др. имеют иные значения.

С типами водного режима связаны не только процессы влагонакопления, но и гидрогенная аккумуляция, ослабевающая по мере снижения глубины грунтовых вод.

Изменение гидрологии дифференцирует кислородный режим подтопленных территорий. Зона периодического затопления и подзона заболачивания отличаются минимальными запасами растворенного в грунтовой воде O_2 (от 2,5 мг/л в начале наблюдений, до 0,3 мг/л в последние годы). Следует отметить, что оптимальное содержание растворенного в воде кислорода — выше 2,0 мг/л, при концентрации O_2 от 2,0 до 0,9 мг/л — дыхание корневых систем затруднено, ниже 0,9 мг/л — и вовсе прекращается.

С удалением от берега и снижением степени подтопления количество растворенного в грунтовой воде кислорода постепенно возрастает и достигает максимальных значений в зоне глубокого оглеения.

Изменив коренным образом водный и воздушный режим почв, обеспеченность грунтовых вод растворенным кислородом, обычно водохранилища вызывают сдвиг почвенных условий на прилегающих территориях в сторону развития анаэробнозиса.

Подтопленные территории существенно влияют на состав фитоценозов, причем степень изменения их структуры зависит от глубины залегания грунтовых вод.

На участках с уровнем воды 10–30 см от поверхности в центрально-черноземной полосе культуры сосны, березы, дуба интенсивно выпадают и в составе древесных ценозов появляется влаголюбивые виды: ивы, ольха, крушина, черемуха. Глубоко и неравномерно изменяется травяной покров. На участках с сохранившимися лесными культурами, травяной покров низкорослый и беднее по составу (мятлик болотный, лютик ползучий, ситник, хвощ болотный и др.). На территориях с выпавшими деревьями травяной покров состоит из высоких сочных трав: таволга вязолистная, осока луговая, папоротник болотный, тростник, ирис желтый и другие.

В подзоне олуговения с грунтовыми водами от 50 до 100 см в составе лесных культур сосны появились лиственные породы — осина, береза — и обильный подлесок из крушины, рябины, черноклена, малины. В естественных дубово-сосновых насаждениях также отмечено появление клена, дуба, березы, осины и густого подлеска. В травяном покрове усиливается роль луговых трав.

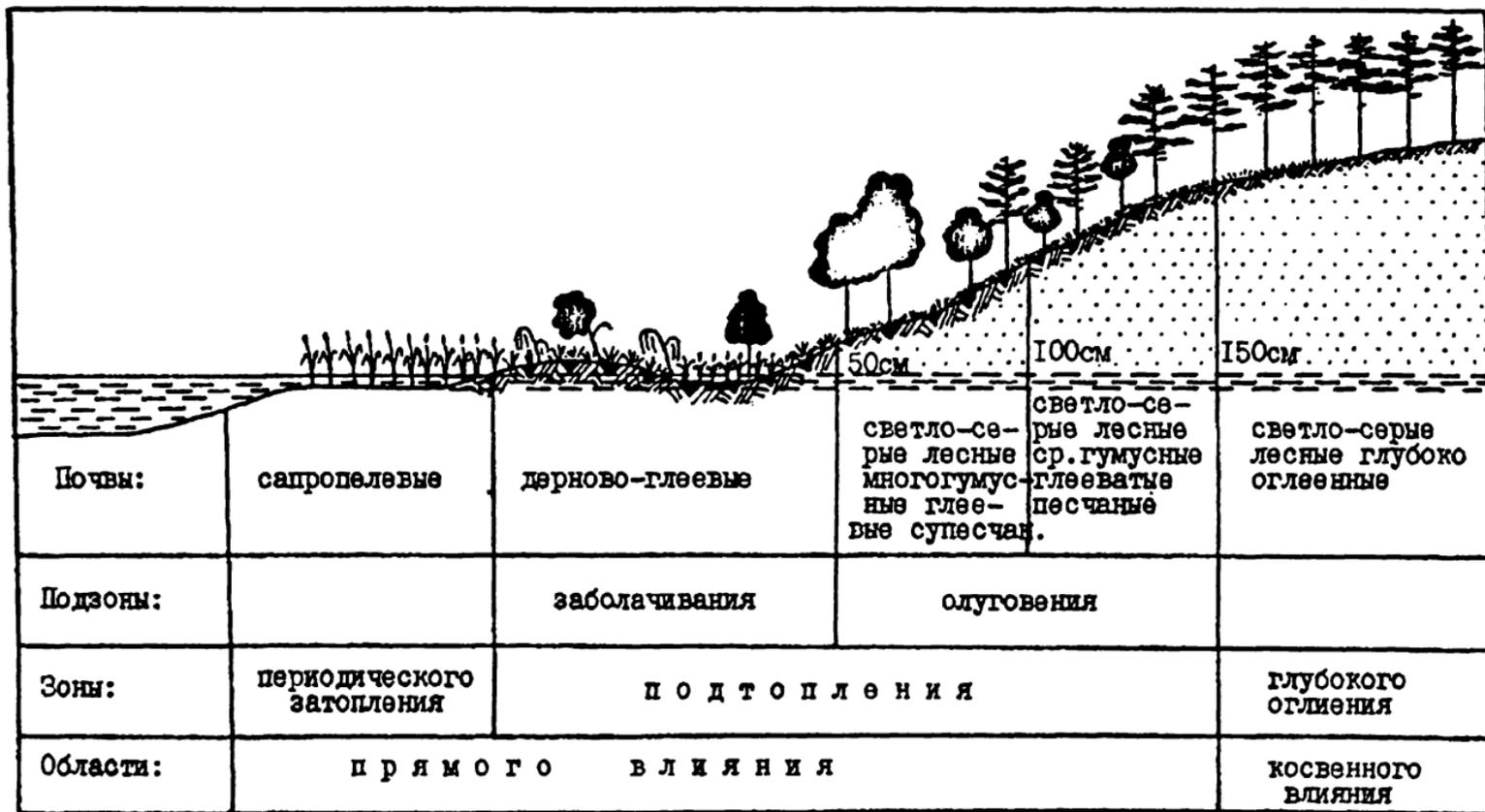


РИС. 26. Схема трансформации прибрежных территорий под влиянием водохранилища.

Заболачивание приводит к усыханию и выпадению культур сосны, березы. В подзоне олуговения сосновый и березовый древостой имеет высокую сохранность и отличается наибольшими показателями роста в высоту и по диаметру.

Наиболее яркими показателями интенсивности роста лесных культур служат данные о накоплении органического вещества одним деревом. В подзоне олуговения масса одного дерева сосны, березы, дуба в 1,2–1,5 раза выше по сравнению с контролем, что можно объяснить не только лучшей влагообеспеченностью их, но и дополнительным поступлением с грунтовыми водами элементов минерального питания. Особенно интенсивно развиваются подземные органы. В условиях близкого залегания грунтовых вод (до 50 см) наряду с уменьшением массы дерева сосны, березы, дуба наблюдаются значительные изменения в структуре фитомассы: резкое сокращение доли корней (до 20%) и зеленых ассимилирующих частей (3–4%). Раскопка корней обнаружила сильное их гниение и отмирание с глубины 30 см.

Определение запаса фитомассы в культурах и естественных древостоях, произраставших на подтопленных территориях, обнаруживает наибольшие ее величины в подзоне олуговения и далее в порядке убывания идут насаждения зоны глубокого оглеения, контроля, подзоны заболачивания (табл. 20).

По глубине залегания грунтовых вод, содержанию в них растворенного кислорода и окислительно-восстановительному потенциалу в почвенной корнеобитаемой толще в зоне подтопления четко выделяются три группы местообитаний.

В первой группе с уровнем грунтовых вод до 50 см культуры сосны, дуба, березы и естественные сосново-лиственные древостои не соответствуют появившимся новым экологическим факторам антропогенной природы, поэтому на данных участках целесообразно проведение реконструкции, направленной на исправление состава насаждений и повышение их продуктивности. Наиболее эффективными в данных условиях являются ольха черная с подлесочными породами из черемухи и калины, а также ивовые насаждения. В целях декоративного оформления и создания благоприятных условий для отдыха, лесонасаждения следует сочетать с луговыми полосами, состоящими из высокостебельного цветущего разнотравья.

Реконструктивные мероприятия во второй группе местообитаний с глубиной грунтовых вод от 50 до 100 см должны быть направлены на исправление состава насаждений путем замены выпадающих сосняков культурами тополя с подлесочными породами из крушины, ивы серой, рябины, калины.

ТАБЛИЦА 20. Общий запас органического вещества в насаждениях различных зон подтопления в приплотинной части водохранилища

Показатели	Зона подтопления, подзоны:			Зона глубокого оглеения	Контроль
	заболачи- вания	олуговения, гр воды			
		· м			
		0,6 – 0,8	1,2 – 1,5		
Биомасса, ц/га в том числе:	574,55	1086,48	1553,42	1172,26	1024,87
1. Зеленая масса	26,03	43,88	55,68	52,25	42,90
2. Надземная масса	400,55	842,10	982,40	891,68	747,89
3. Подземная масса	58,45	150,50	511,04	228,15	233,95
4. Масса трав и мхов	89,52	30	4,3	0,18	0,13
Мертвые остатки, ц/га в том числе:	225	209	229	107	134
1. Лесная подстилка	58	145	229	167	134
2. Дернина	167	64	-	-	-
Сумма органического в-ва, ц/га в том числе:					
1. Живые органы, %	71	84	87	88	88
2. Мертвые остатки, %	29	16	13	12	12

В насаждениях третьей группы местопроизрастания с грунтовыми водами от 100 до 150 см, в связи с оптимальными почвенно-гидрологическими условиями, реконструктивные мероприятия не целесообразны.

4.3.2. Создание защитных лесных насаждений вокруг прудов и водохранилищ

Облесение прудов и водохранилищ проводят для укрепления берегов от разрушения волнобоем, защиты водоемов от заиления и

загрязнения, ослабления испарения с водной поверхности и улучшения санитарно-гигиенических условий на побережье. Защитные насаждения по берегам водохранилищ предупреждают заболачивание пологих берегов, приостанавливают оползневые явления, декоративно оформляют берега, создавая благоприятные условия для отдыха. Исключительно велико влияние насаждений на качество воды: являясь естественным фильтром, они улучшают ее химический состав и усиливают бактериологические свойства.

В системе прибрежных насаждений в зависимости от их расположения и основного назначения выделяют несколько видов (рис. 14).

Верхние береговые насаждения выполняют стокорегулирующую, почвозащитную, кольматирующую, ветроломную, санитарно-гигиеническую функции, а также функцию декоративного оформления берегов. Они размещаются на присетевой части склона, выше бровки коренного берега. Ширина верхних береговых насаждений устанавливается с учетом длины, величины уклонов и степени эродированности вышележащего склона, а также высоты и эрозийного состояния коренного берега долины. Эти насаждения должны рассчитываться на максимальное поглощение поверхностного стока. Для крупных водохранилищ ширина верхних береговых насаждений должна составлять от 60 до 120 м, для малых водохранилищ и прудов — не менее 20 м.

При впадении в водохранилище притоков, балок и крупных оврагов верхние береговые насаждения сливаются с прибалочными и приовражными полосами. Верхние береговые полосы на перерабатываемых абразией берегах и склонах создаются с отступлением от нормального подпорного уровня (НПУ) на расстояние 10-летней переработки. На равнинных участках, пологих берегах и склонах, не подвергающихся абразии, лесную полосу размещают в 5–15 м от НПУ. В состав верхних береговых насаждений входят также сильноэродированные земли и участки песков, не используемые в сельском хозяйстве.

Верхние береговые насаждения должны иметь плотную конструкцию и хорошую подстилку, что обеспечивает снегозадержание и водопоглощение. Они должны быть трехъярусными и создаваться по комбинированному типу смешения. Подбор пород и технология выращивания верхних береговых насаждений аналогичны таковым в прибалочных и приовражных полосах.

Средние береговые насаждения создаются для защиты от смыва и размыва берегов, предупреждения оползневых явлений, декоративного оформления берегов и хозяйственного использования не-

производительных площадей. Средние береговые насаждения размещаются на коренных берегах речных долин и уступах террас. На оползневых берегах их ширина устанавливается с учетом облесения всего тела оползня. В связи с тяжелыми лесорастительными условиями этих местоположений и ограниченными возможностями применения здесь механизации некоторые участки берега следует оставлять под естественным травостоем и кустарниковыми насаждениями.

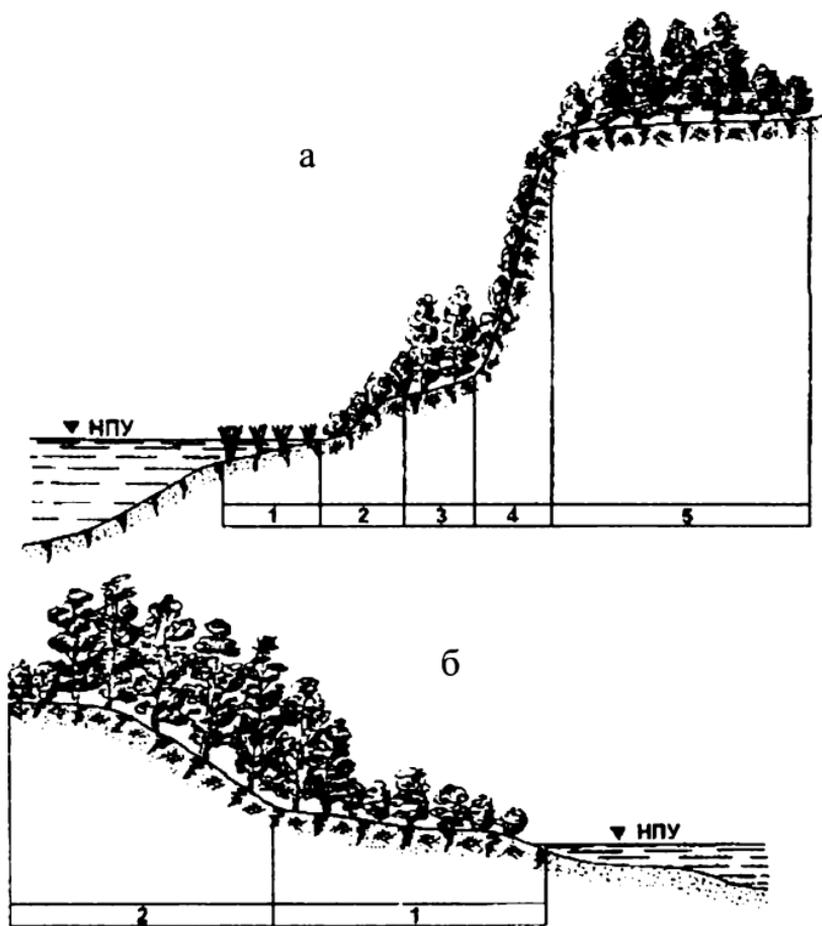


РИС. 27. Схема защитных насаждений по берегам водохранилищ.

а — абразионные берега: 1 — тростник, камыш озерный, рис дальневосточный; 2 — кустарниковые ивы; 3 — древовидные ивы; 4 — среднее береговое насаждение из кустарников и древесных пород; 5 — верхнебереговое насаждение. б — пологие берега: 1 — кустарниковый пояс; 2 — древесно-кустарниковый пояс.

Ассортимент пород для средних береговых насаждений и агротехника их выращивания аналогичны таковым для овражно-балочных насаждений. В ассортимент пород должны вводиться декоративные виды и формы, повышающие эстетическую ценность насаждений. Широко рекомендуются породы с глубокой, хорошо развитой корневой системой, способные давать корневые отпрыски. Подбираются виды, нетребовательные к почвенно-грунтовым условиям, поскольку размещать их приходится нередко на смытых почвах или обнажениях почвообразующих пород. На пологих берегах участки с хорошими почвами могут рекомендоваться под плодово-ягодные и лекарственные культуры.

При облесении оползневых участков высаживаются высокоствольные древесные породы, которые хорошо транспирируют влагу, содействуя осушению грунта, и дают корневые отпрыски, надежно скрепляющие верхние горизонты почвы (тополя, ива белая, робиния, лиственница, береза).

Нижние береговые насаждения подразделяются на волноломные, размещаемые на пляжах абразионных берегов, дренирующие — на пологих неабразионных берегах, предназначенные для борьбы с их заболачиванием, и наносорегулирующие, создаваемые в верхней части водохранилища для аккумуляции поступающих речных наносов.

Волноломные насаждения погашают надземными частями растений энергию волн прибойного потока и вдоль береговых течений, аккумулируют наносы и скрепляют грунт корневыми системами. Волноломные насаждения должны занимать всю наводную часть пляжа и подводную отмель, насколько это позволяет устойчивость растений при конкретном уровне водоема. Установлено, что если ширина волноломной (противоабразионной) полосы из кустарниковых ив не менее длины волны, то абразия практически отсутствует и берег не разрушается.

На пологих берегах крутизной 3–6° противоабразионные насаждения создаются за 3–5 лет до заполнения водохранилища выше и ниже НПУ. После его заполнения противоабразионные полосы создаются по мере сработки уровня воды (осенью).

При значительной абразии высоких берегов и небольшой ширине надводного пляжа создание волноломной полосы целесообразно лишь в комплексе с устройством берегозащитных гидротехнических сооружений (бун, плетней и пр.). Для размещения волноломной полосы необходимо сформировать пляж и пологую отмель достаточной ширины (на крупных водохранилищах не ме-

нее 20 м), что обычно возможно спустя 5–10 лет после заполнения водохранилища.

В целом ширина волноломной полосы с волногасящими культурами может быть принята в 20–50 м (В.А. Афанасьев, Ю.П. Бяллович, Г.А. Харитонов); она зависит от типа берегов, высоты и длины волн, ширины и величины уклона подводной отмели.

При инженерно-биологическом способе защиты абразионных берегов немаловажную роль играют полуводные растения (камыш, тростник и др.). При создании волноломной полосы вниз по отмели следует разводить полуводную растительность: рис дальневосточный при глубине постоянного затопления 0,2–0,5 м, тростник — при глубине 1–1,5 м и камыш озерный — при глубине 2–2,5 м. Из кустарниковых ив хорошо переносят длительное периодическое затопление ивы трехтычинковая, русская, пурпурная, шерстистопобеговая, серая. На надводном пляже используют иву белую, иву ломкую, ольху черную, тополя, облепиху, аморфу и другие породы.

Размещение для кустарниковых ив принимается загущенным — 0,8(1) × 0,3(0,2) м и для древесных пород — 2(2,5) × 1(1,5) м. На участках с узким пляжем рекомендуется укреплять берега плетнями из живых ивовых хлыстов. Хороший результат дает комбинированный способ создания волногасящих защит из кольев ивы белой, камыша, тростника и каменных полузапруд в виде живого частокола и береговых живых бун.

Дренирующие насаждения создаются на переувлажненных почвах в зоне подтопления, их ширина — около 30 м. При частичной подготовке почвы в насаждения вводятся ивы древовидные, тополя, ольха черная и другие влаголюбивые породы.

Илозадерживающие (наносорегулирующие) насаждения создают с целью защиты водохранилища от твердых наносов. Поэтому полосы или куртинные насаждения кольматирующего назначения закладываются в пойме выше вершины водохранилища, в устьях впадающих в него балок и оврагов. Рекомендуются наносорегулирующие насаждения сложной формы, с густым подлеском, типа илофильтров.

Посадки по откосам земляных плотин предназначены для охраны плотин от оползней и смыва грунта при волнобое, для защиты их от разрушения при передвижении по ним транспорта и скота. Противоабразионные полосы устраивают из 5–6 рядов кустарниковых ив по урезу меженных вод и выше по мокрому откосу. Размещение принимается загущенным — 0,5 × 0,5 м, посадка произво-

дится в шахматном порядке. По бровкам откосов может быть создана аллеяная посадка из тополей или древовидных ив.

За сухим откосом в нижнем бьефе обычно наблюдается заболачивание, поэтому здесь высаживают дренирующие влаголюбивые породы — тополя, ветлу, ольх и др. Сухой откос плотины засеивают многолетними травами между одно-, двухрядными кустарниковыми кулисами через 5 м. Возможно также его облесение кустарниками и древесными породами.

Припрудовые полосы по конструкции и назначению соответствуют противоабразионным, средним и верхним береговым. Их создают в количестве одного, двух или трех поясов в зависимости от местных условий. Первый, волноломный (берегоукрепительный), пояс располагают в зоне НПУ, он состоит из 2–3 и более рядов кустарниковых ив. Второй пояс (волноломный и дренирующий) создают из тополей и древовидных ив между отметками НПУ и ФПУ (форсированного уровня). Третий противозерозионный пояс из засухоустойчивых пород размещают выше ФПУ.

На пологих незродируемых берегах может отсутствовать третий пояс, а на высоких и крутых — второй. Общая ширина насаждений вокруг прудов установлена до 10–18 м. В полосах оставляют разрывы для проезда и прогона скота к водоему. По водоподводящим тальвегам создают кустарниковые илофилтры для кольматажа твердого стока. Ширину их определяют в зависимости от уровня проходящего паводка; длину по главному таль-

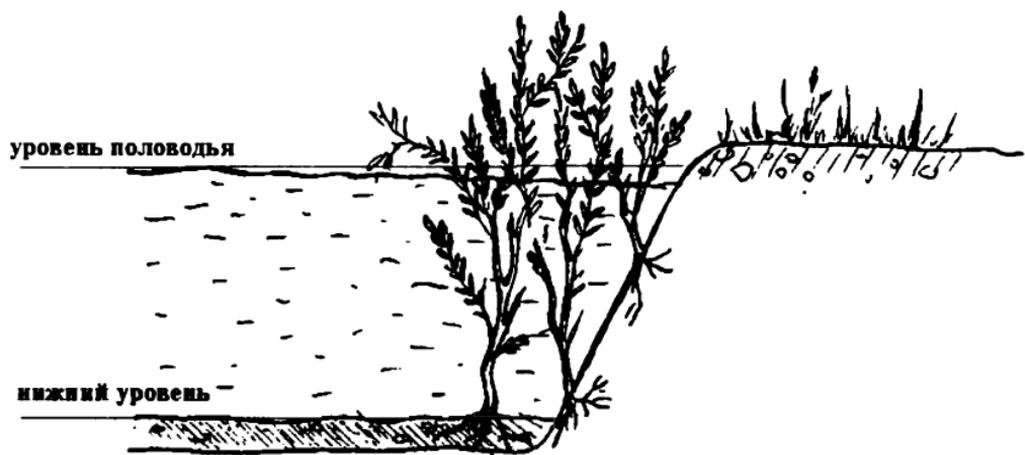


РИС. 28. Инженерно-биологические мероприятия на водоемах с сильным колебанием уровня воды.

вегу устанавливают не менее 50 м, а по второстепенным — 20–30 м. Здесь, как и на абразионных участках берега, целесообразно устраивать плетни из свежезаготовленного хвороста и живых ветловых кольев.

На мокрых откосах плотин для защиты их от разрушения волнобоем сажают 1–2 ряда кустарниковых ив между отметками НПУ и ФПУ. С целью биологического дренажа на нижнем бьефе производится посадка древовидных ив и тополей (на протяжении 50–100 м). На ответственных участках водохранилищ и прудов, подвергающихся интенсивной абразии, создают подпорные сооружения из камня, бетона или дерева.

На водоемах с сильным колебанием уровня воды в Германии используют посадку ив с таким расчетом, чтобы при полном затоплении на поверхности оставались верхушки растений 10–20 см. Длительность затопления *S. alba*, *S. purpurea* до 160–180 дней.

Иные инженерно-биологические мероприятия по защите склонов и берегов прудов, водохранилищ от эрозии описаны в гл. 9.

5. ИНЖЕНЕРНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ

Первые письменные свидетельства упоминают о рекультивации в Германии (1784 г.). Затем здесь в 1907 г. на отвалах были созданы культуры дуба красного, сохранившиеся до нашего времени. В США работы по восстановлению нарушенных земель были осуществлены в 1918 году в штате Индиана, где с успехом был заложен фруктовый сад.

В странах центральной Европы, в Украине, Эстонии, Грузии и в наиболее развитых промышленных регионах России (Подмосковье, Урале, Кузбассе, Курской магнитной аномалии) этой проблемой начали заниматься в начале 50-х гг. прошлого века, а широкий размах она получила в последующие 40 лет.

В настоящее время в Российской Федерации нарушено отрытыми горными разработками около 200 тыс. га земель. Территории с ухудшенным гидрогеологическим режимом в 20 раз превышают с площадь разработок. В отвалах складировается до 85% извлекаемой массы горных пород.

Им присущи жесткие, условия дня произрастания растений. Так, в условия Курской магнитной аномалии (КМА) колебания суточных температур может достигать до 25 градусов, относительная влажность воздуха меняться на 50%. С увеличением высоты отвалов скорость ветра возрастает в 5–6 раз, влажность грунта снижается на 40–200%. Снеготаяние протекает 2–4 раза интенсивнее и начинается раньше на 7–10 дней по сравнению с зональными почвами. На территории отвалов ежегодно ветровая эрозия выносит 200–600 т, а водная до 140 т грунта. Под воздействием выработок в радиусе до 15 км понижается уровень грунтовых вод изменяется их химический состав в радиусе до 35 км повышается уровень заболеваемости населения, наблюдается загрязнение воздушного бассейна, снижается урожайность сельскохозяйственных культур до 5 т/га. Так же понижается продуктивность лесных насаждений и до 85% увеличивается доля ослабленных деревьев.

Настоящая проблема приобретает все более актуальное значение во всем мире и требует постоянного внимания.

5.1. Общее положение о рекультивации

В результате все усиливающейся многосторонней деятельности человека на планете происходит значительное изменение земель и ландшафтов. Земля, согласно ГОСТу 26640-85, — важнейшая часть окружающей природной среды, характеризующаяся пространством, рельефом, климатом почвенным покровом, растительностью, недрами, водами, являющаяся главным средством производства в сельском и лесном хозяйстве, а также пространственным базисом для размещения предприятий и организаций всех отраслей народного хозяйства. По ГОСТу 17.5.1.01-83 **техногенный ландшафт** — антропогенный ландшафт, особенность формирования и структура которого обусловлены промышленной деятельностью.

Площадь техногенных ландшафтов постоянно сильно увеличивается, и как правило, происходит многостороннее негативное воздействие на окружающую среду: деформируется земная поверхность, нарушается почвенный покров, изменяются условия для растительного и животного мира и происходит перераспределение гидрологического режима местности, загрязнение атмосферы, земли и вод продуктами эрозии, ухудшается санитарно-гигиеническое состояние среды, снижается продуктивность прилегающих земель, затрудняется условия жизни людей, что отрицательно сказывается на их здоровье, производительности труда.

Все более широкие масштабы воздействия человека на природу при нерациональном, недальновидном распоряжении ее дарами привело к неисчислимым бедам, к страшным, глобального катастрофам. Поэтому нарушенные земли **обязательно** рекультивироваться.

Согласно ГОСТу 17.5.01.-83. рекультивация земель — комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды в соответствии с интересами общества. Б.П. Колесниковым и Л.В. Моториной дается более емкое определение термина. По ним рекультивация земель — комплекс горнотехнических, инженерных, мелиоративных и экологических мероприятий, имеющих целью плановое создание и ускоренное формирование на площадях, испытавших воздействие техногенеза, оптимальных культурных ландшафтов с высокой продуктивностью, имеющих значительную социальную и хозяйственную ценность.

Рекультивация земель осуществляется в три основных последовательно выполняемых этапа:

– **подготовительный**. В него входят исследовательские работы: обследование и типизация нарушенных территорий, изучение специфики условий на техногенных землях, определение направлений и целевого использования восстанавливаемых площадей, установление требований к последующим этапам, выбор методов, составление технико-экономических обоснований и технорабочих проектов по рекультивации;

– **технический**, включающий подготовку площадей для последующего целевого использования в народном хозяйстве. К нему относятся планировка, формирование откосов, снятие, транспортировка и нанесение почв и плодородных пород на рекультивируемые земли, строительство дорог, мелиоративных и гидротехнических сооружений и другие мероприятия, которые проводятся на основании разработанных на первом этапе проектов рекультивации;

– **биологический**, состоящий из мероприятий по восстановлению плодородия субстратов после технической рекультивации. Он включает комплекс агротехнических и фитомелиоративных работ, направленных на возобновление флоры и фауны, целевое использование рекультивируемых территорий с целью повышения их производительности.

Наряду с этапностью работ различают направления или виды рекультивации, характеризующиеся своими специфическими признаками, зависящими от конечного, целевого использования территорий. Различают следующие направления рекультивации техногенных ландшафтов:

– сельскохозяйственное — создание сельскохозяйственных угодий;

– лесохозяйственное — то же лесных насаждений различного типа;

– рыбоводческое — создание в понижениях техногенного рельефа рыбоводческих водоемов;

– водохозяйственное — то же водоемов различного назначения;

– рекреационное — создание объектов отдыха;

– санитарно-гигиеническое — биологическая или техническая консервация нарушенных земель, оказывающих отрицательное воздействие на окружающую среду, рекультивация которых для использования в народном хозяйстве экономически не эффективна;

– строительное — приведение нарушенных земель в состояние, пригодное для промышленного и гражданского строительства.

Высокую эффективность биологического этапа рекультивации техногенных ландшафтов показала фито- и лесомелиорация. Но здесь еще полностью не решены вопросы научно-технического и организационного порядка, очень мало сведений об особенностях состояния, роста и развития лесных насаждений, о ведении лесного хозяйства в них, не разработана механизация лесомелиоративных работ, не изучены формирование природы лесных биогеоценозов, их адаптация, биологическая устойчивость, продуктивность и влияние на окружающую среду, экономическая оценка различных видов лесохозяйственной рекультивации и другие вопросы.

5.2. Классификация техногенных ландшафтов

Ландшафт, то же, что и **пейзаж** — изображение какой-либо местности. Различают три основных типа ландшафтов: географический (естественный, антропогенный и культурный). Каждый из них состоит из двух **компонентов**, которые подразделяются на **зональный** (климат, почва, растительность, животный мир) и **азональный** (геологическое строение и рельеф). По морфологическим признакам мелкие природные комплексы состоят из фаций и урочищ.

Существует ряд классификаций ландшафтов.

А.Г. Исаченко по воздействию со стороны человека подразделяет ландшафты на:

- неизменные или первобытные;
- слабо измененные;
- нарушенные (сильно измененные);
- преобразованные (культурные).

Ф.Н. Мильков по разным признакам классифицирует ландшафты следующим образом:

- по содержанию (сельскохозяйственные, лесные, водные, промышленные и селитебные комплексы);
- по глубине воздействия человека (антропогенные неоландшафты и измененные антропогенные ландшафты);
- по генезису (техногенные, подсечные, пашенные, пирогенные и пастбищно-дигрессионные);
- по целенаправленности возникновения (прямые и сопутствующие антропогенные);
- по длительности существования и степени саморегулирования (долговечные, многолетние (частично) и кратковременные регулируемые);

– по хозяйственной ценности (культурные высокого класса и акультурные низкого класса или деструктивные).

В Польше Е. Папрзиски подразделяет техногенные ландшафты на три группы: отвалы, выемки и другие виды, а для условий Англии С. Бевер — в виде возвышенных площадей с применением землевания и с выемками.

В России В. А. Овчинников — по форме рельефа (карьеры, траншеи, канавы, насыпи или дамбы, внешние и внутренние отвалы) для открытой и подземной разработки; В. В. Тарчевский выделяет семь категорий: по происхождению, возрасту, форме, высоте, мехсоставу, кислотности и утилизации.

ГОСТ 17.5.1.02 – 85 предусматривает классификацию нарушенных земель по техногенному рельефу по четырем группам: при открытых и подземных горных работах; складировании промышленных, строительных и коммунально-бытовых отходов; при строительстве линейных сооружений. Последняя группа подразделяется на семь видов:

- группа нарушенных земель,
- характеристика нарушенных земель по форме рельефа,
- фактор, обуславливающий формирование рельефа,
- преобладающий элемент рельефа,
- глубина или высота относительно естественной поверхности,
- угол откоса уступов,
- возможное использование.

На основании опыта биологической рекультивации нарушенных земель КМА при открытом способе добычи железной руды Я. В. Панков разработал свою классификацию и их доминирующие факторы (рис. 1).

Техногенные земли представляют специфический объект для инженерно-биологической деятельности. Их можно классифицировать на следующие четыре вида — карьер, отвал, хвостохранилища и промышленные площадки.

При разработке месторождений глубинного типа формируется циркообразная форма **карьера** глубиной до нескольких сотен метров при площади в несколько квадратных километров. Вскрышные горные породы извлекаются и перемещаются из карьера различными способами.

Отвалы занимают значительные площади нарушенных земель. Они формируются различными способами: раздельным, валовым и селективным. При этом используются различные типы экскаваторов, гидро-, авто- и железнодорожный транспорт, а также консольный отвалообразователь.

Отвалы представлены различными горными породами и их техническими смесями в сложном сочетании, которые, как правило, различаются неоднородным гранулометрическим составом, химическими, физико-химическими свойствами, отсутствием или незначительным количеством питательных веществ.

По пригодности к биологическому освоению разделяются на четыре группы пород:

1-я группа — пригодные породы (плодородные почвы);

2-я группа — потенциально-плодородные почвы. Они имеют относительно благоприятные агрофизические свойства, при применении высокой агротехники на них можно возделывать не только многолетние травы и лесные культуры, но и более требовательные полевые сельскохозяйственные культуры;

3-я группа — малопригодные породы. Эти породы при залужении и облесении требуют высокой агротехники, применения различных мелиоративных средств и приемов, а для сельскохозяйственных нужд — раперекрытия породами 2-й группы и почвами общей мощностью 0,2–0,8 м;

4-я группа — непригодные породы. Фитотоксичные пески которые на горнотехническом этапе рекультивации должны быть перекрыты слоем пород второй и первой групп мощностью до 1,5–2,0 м.

Отходы переработки сырья складываются в хвостохранилищах, обычно размещающихся в оврагах и балках.

При биологической рекультивации техногенных земель учитывают вид горных пород, возраст, наличие процессов водной и ветровой эрозий, крутизну и экспозицию откосов, высоту отвалов, глубину карьеров, которые указаны с учетом видов нарушенных земель и слагающих их субстратами.

5.3. Взаимодействие нарушенных земель и растительных ценозов

Под воздействием хозяйственной деятельности человека и сил природы происходит нарушение земель в виде изменения их целостности и перемещения почвенного, напочвенного покрова и подстилающих горных пород, а также естественного режима грунтовых и поверхностных вод. Все эти нарушения сопровождаются во взаимосвязях между отдельными компонентами окружающей среды — самого факта появления нарушенных земель, процессов эрозии и дефляции.

Нарушение земель сопровождается изменением природных ландшафтов с образованием положительных и отрицательных форм рельефа. Влияние их на различные компоненты окружающей среды многообразно и выходит далеко за пределы занимаемой ими территории.

Особое значение имеет взаимодействие нарушенных земель и растительных ценозов. В обоих случаях необходимо рассматривать как влияние нарушенных земель на растительные ценозы, так и обратное влияние ценозов на техногенные земли.

Нарушение земель сопровождается не только прямым уничтожением сельскохозяйственных, луговых и лесных природных ландшафтов, но их негативным влиянием на окружающую среду:

- образуется понижение уровня подземных вод в радиусе 1,5–15 км от производственного комплекса;

- на нарушенных землях наблюдается как пониженный, так и повышенный уровень воды;

- меняется химический состав подземных вод;

- загрязняется воздушный бассейн в радиусе 12–35 км (запыленность достигает 0,2–28,0 г/м³);

- снижается урожайность сельскохозяйственных культур и повышается их себестоимость;

- ухудшается состояние и состав лесов (увеличивается количество сухих и засыхающих деревьев и уменьшается число живых экземпляров, замедляется их прирост);

- повышается степень заболеваемости населения, снижается производительность труда;

- увеличиваются затраты на поддержание чистоты, уборку помещений и территории, расходы на электроэнергию, проведение природоохранных и многих других мероприятий.

Лесные ценозы природных ландшафтов в значительной мере страдающая от последствий нарушения земель, в то же время ограничивают размеры негативного влияния этих последствий на окружающую природу. При отсутствии защитных лесонасаждений большая часть влаги, накопленная за зимний период, весной стекает в реки и не пополняет подземные воды. Наличие лесных насаждений различных ЗЛН в районе карьеров обеспечивает более равномерное распределение и накопление на полях снежных запасов, благодаря чему не только увеличивается влажность верхних слоев почвы, но и пополняются запасы подземных вод.

Защитные лесные полосы, снижая скорость ветра, смогут ограничить и размеры дефляции нарушенных земель. Для предупреждения дефляции и снижения ее размеров следует на территории сельхозугодий, прилегающих к нарушенным землям, создавать полностью

законченные системы полезащитных лесных полос и, кроме того, вокруг отвалов и других видов нарушенных земель необходимо создать специальные защитные полосы, причем их посадку целесообразно начинать заблаговременно, чтобы с увеличением высоты отвалов одновременно повышалась и высота защитной полосы. Для большого снижения скорости ветра она должна быть плотной конструкции.

Значительная часть вскрышных горных пород разрабатываемых карьеров в той или иной степени пригодна в качестве субстрата для произрастания растительности, что является важным условием их биологической рекультивации. Необходимо отметить, что сильная щелочность одних и избыточная кислотность других пород, низкий уровень обеспеченности элементами питания в сочетании с неустойчивым увлажнением отвальных пород ограничивают ассортимент, а также снижают продуктивность культивируемых ценозов, их мелиоративный и хозяйственный эффект. В наибольшей степени распространению растений препятствует токсичность горных пород.

Она может появляться со временем при их выветривании в отвалах. Токсичность, вызванная различными причинами, является важнейшим фактором, влияющим на произрастание растений. Остальные свойства горных пород оказывают ограничивающее влияние на произрастание растительности, причем важнейшим ограничителем в каждом конкретном случае является фактор, находящийся в минимуме. Обычно вскрытые глубинные породы характеризуются низкими запасами микроэлементов, особенно азота.

Физические свойства горных пород (мехсостав, сложение, скважность, плотность, водные свойства и др.) определяются способом транспортировки и укладки в отвалы, периодом нахождения на дневной поверхности и в большей степени видом горных пород.

На нарушенных землях наблюдаются очень жесткие лесорастительные условия, поэтому для успешного произрастания растительности необходимо применять комплекс инженерно-биологических мероприятий. С их применением создаются относительно благоприятные условия, позволяющие формировать растительные ценозы.

5.4. Основные направления и цели биологической рекультивации

Биологическая рекультивация, включая инженерно-биологические мероприятия, делится на два основных вида; общего и профилактического назначения.

Общая биологическая рекультивация техногенных ландшафтов осуществляется на отвалах, хвостохранилищах и промышленных площадках, которые сформированы и будут находиться на постоянно нарушенных землях.

Профилактическая биологическая рекультивация проводится на территориях нарушенных земель, которые находятся во временном пользовании. К ним следует отнести борта действующих карьеров, временные отвалы, откосы и участки формирующихся отвалов и хвостохранилищ, а также постоянные отвалы, представленные кварцитом крупных размеров.

Исходя из лесорастительных условий преобладающих горных пород, нецелесообразно на нарушенных землях создавать насаждения древесных пород следующих категорий:

- на откосах всех видов техногенных ландшафтов крутизной более 8–10 — только противоэрозионные насаждения;

- на поверхности и пологих склонах суглинистых и глинистых нарушенных земель при площади поверхности до 50 га насаждения общего хозяйственного назначения;

- на поверхности и пологих склонах суглинистых и глинистых техногенных земель при площади поверхности более 50 га — насаждения общего хозяйственного назначения или систему полезащитных лесных полос в случае их сельскохозяйственного освоения;

- на поверхности и пологих склонах меловых, песчано-меловых и мело-мергельных нарушенных земель при площади поверхности до 50 га — противоэрозионные насаждения;

- на поверхности и пологих склонах меловых песчаных, песчано-меловых и мело-мергельных бросовых землях при площади поверхности более 50 га — противоэрозионные насаждения или систему полезащитных лесных полос после землевания и сельскохозяйственного освоения;

- при расположении техногенных земель в зоне городов и населенных пунктов — лесопарковые и парковые насаждения независимо от состава горных пород;

- в карьерах — только санитарно-гигиенические и озеленительные насаждения независимо от видов горных пород;

- на хвостохранилищах при обязательном проведении горнотехнической рекультивации (нанесение растительного слоя или относительно плодородных горных пород мощностью не менее 0,4 м) — противоэрозионные, санитарно-гигиенические и озеленительные насаждения;

– на участках с оползновыми явлениями проводят укрепление верхнего слоя;

– на промышленных площадках — озеленительные и санитарно-гигиенические насаждения.

Основными факторами, определяющими типы лесных культур, являются состав горных пород на нарушенных землях и назначение выращиваемых насаждений. На типы и технологию выращивания лесных культур оказывают влияние срок выветривания горных пород, элементы рельефа, а также общие условия — климатические, биологические особенности древесно-кустарниковых растений. Для преобладающих горных пород и отдельных грунтосмесей в условиях Курской магнитной аномалии определен ассортимент древесно-кустарниковых пород для широкого и ограниченного использования. Однако выбор основной породы и особенности выращивания лесных культур нужно осуществлять с учетом целевого назначения насаждений.

Посадка лесных насаждений на отвалах производится сеянцами, крупномерными саженцами. Для тополей, ив возможна посадка черенками. При высокой крутизне отвалов (40–50°), сильно расчлененном рельефе, возможен гидропосев семян, например, облепихи, акации белой, ольхи серой, клена ясенелистного.

Высаживают лесные растения на отвалах весной и осенью. Весенняя посадка предпочтительна для большинства пород. При этом лесокультурные работы следует начинать на 7–10 дней раньше по сравнению с началом работ на зональных почвах, поскольку грунт на отвалах подсыхает быстрее.

С целью повышения продуктивности и устойчивости растений в сложных лесорастительных условиях отвалов начаты работы по селекции. Они включают выделение наиболее продуктивных особенностей внутри вида, их испытание и внедрение. Однако данные работы, несмотря на высокую эффективность (увеличение продуктивности, устойчивость на 5–150%) носят эпизодический характер из-за малочисленности соответствующих специалистов и отсутствия средств на эти работы.

В условиях севера России самовосстановление нарушенных биоценозов происходит только на увлажненных торфянистых почвах с ровной поверхностью. В остальных случаях необходимо проведение инженерно-биологических мероприятий по искусственному расселению трав и древесно-кустарниковой растительности. При этом проводимые мероприятия должны быть направлены на сохранение вечной мерзлоты, приближаться по своим параметрам к естественным условиям.

Закрепление грунтов с помощью почвенных микроорганизмов - водорослей получило название альгофитомелиорации. В Российской Федерации проделаны значительные опытные работы по применению почвенных водорослей для закрепления промышленных отвалов, особенно в условиях Крайнего Севера. Водоросли способствуют связыванию атмосферного азота, закрепляют питательные вещества в почве, интенсифицируют почвообразовательные процессы на техногенных почвогрунтах, ослабляют эрозионные процессы, повышают аэрированность грунта. Это происходит как за счет связывания нитчатými и зелеными водорослями частиц почвы непосредственно, так и при воздействии их органических выделений процесса жизнедеятельности. Применение альгофитомелиорации позволит в 5–10 раз снизить стоимость работ по рекультивации промышленных отвалов. Этот метод может применяться как самостоятельно так и в сочетании с другими инженерно-биологическими мероприятиями.

Применяемая технология заключается в выделении в природных условиях перспективных микроорганизмов, последующее их размножение в контролируемых условиях. Полученную суспензию наносят на отвалы гидроспособом так, чтобы поверхность увлажнялась на глубину до 1 см. В последующем на отвалах возможно, высевать травы или создавать лесные насаждения. Для условий Севера успешно использованы как чистые культуры (*Clorella vulgaris*, *Neosporangiococcum* sp., *Synechocystis* sp., *Chlorococcum* sp. и др.) так и альгосообщества.

Посев трав, создание лесных культур осуществляется с учетом почвенно-климатических условий и целевого использования.

Для озеленения крутых насыпных склонов применяется гидропосев. Для этого семена, удобрения, мульчирующие вещества смешиваются с клеящим веществом и водой в специальной емкости с мешалкой и распыляются на озеленяемую поверхность. Там, где из-за условий местности невозможно озеленение с помощью наземной техники можно производить гидропосев.

5.5. Мероприятия по комплексному освоению нарушенных земель

На основании практического опыта и научного обобщения предложены следующие мероприятия восстановления техногенных ландшафтов:

1. При рекультивации техногенных ландшафтов необходимо проведение комплексных экологических исследований с учетом природно-климатических, географических, геологических и других условий отдельных (конкретных) регионов;
2. Проекты освоения бросовых земель следует разрабатывать до начала добычи полезных ископаемых и других видов нарушений;
3. Необходимо предвидеть и учитывать последствия влияния техногенеза на окружающую среду;
4. При разработке соответствующих проектов следует использовать предыдущий опыт рекультивации и освоения бросовых земель, имеющих идентичные или близкие к ним условия местопроизрастания;
5. Объединять усилия специалистов и предприятий различных отраслей (проектных, горнодобывающих, сельского, лесного хозяйства, экологических организаций и др.) при проведении указанных работ;
6. Формирование нарушенных земель вести с учетом их особенностей и последующего целевого использования;
7. Горнотехнический этап рекультивации должен учитывать последующий биологический этап; работы следует проводить одновременно или с незначительным перерывом (1...3 года) между ними;
8. Улучшать строение, состав и свойства бедных горных пород путем перекрытия токсичных субстратов, формирования технических смесей, пескования, применения специальной агротехники, органических и минеральных удобрений;
9. Сочетать в комплексе сельскохозяйственную, лесохозяйственную и другие виды рекультивации, обеспечивающие закрепление и облесение отвалов, полное прекращение ветровой и водной эрозии;
10. Проектировать в первые пять лет посев многолетних бобовых трав на поверхности и широких террасовидных уступах отвалов, которые в последующем будут использованы под сельское или лесное хозяйство и где предварительно наносится чернозем или относительно плодородные горные породы мощностью до 40 см;
11. Выполнять все работы с использованием современных эффективных методов и способов агротехники, машин и орудий и в строго установленные сроки;
12. Учитывать разнообразие и специфические лесорастительные условия каждого вида отвала и их частей, определяющих агротехнику, ассортимент, методы и способы создания культур, их назначение и т.д.;

ТАБЛИЦА 21. Ассортимент древесных пород и кустарников для облесения нарушенных земель в условиях Курской магнитной аномалии

№	Порода	Горные породы											
		песок	песчано-меловые смеси	без улучшения	мел				келловейские глины			Четвертичные сулунки	
					с пескованием		с гумусированием		без улучшения	с покрытием батского песка	в смеси с батским песком		
					техническая смесь	полное загорение	техническая смесь	полное загорение					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
АБОРИГЕННЫЕ РАСТЕНИЯ													
1	Акация желтая <i>Caragana arborescens</i>	x	x	-	x	x	x	x	x	x	o	x	x
2	Береза повислая <i>Betula pendula</i>	+	+	o	x	x	x	x	x	x	x	x	x
3	Бузина красная <i>Sambucus racemosa</i>	-	o	x	x	x	x	x	x	x	o	x	x
4	Вяз мелколистный <i>Ulmus pumila</i>	-	+	o	x	-	x	x	x	x	x	x	x
5	Вяз обыкновенный <i>Ulmus laevis</i>	x	o	o	o	o	o	o	x	o	x	x	x
6	Груша обыкновенная <i>Pyrus communis</i>	-	-	o	o	o	o	o	x	o	x	+	+

ТАБЛИЦА 21 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
7	Дуб черешчатый <i>Quercus robur</i>	0	0	-	-	-	-	x	+	x	x	x
8	Ель обыкн. <i>Picea abies</i>	0	0	0	0	0	0	0	+	0	+	+
9	Жасмин душистый <i>Philadelphus caucasicus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	+
10	Жимолость татарская <i>Lonicera tatarica</i>	0	0	-	x	x	x	x	x	0	x	x
11	Ива белая <i>Salix alba</i>	x	+	0	0	0	0	0	0	0	0	+
12	Ива плакучая <i>Salix sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	+	0	+	+
13	Ива серая <i>Salix cinerea</i>	0	0	0	0	0	0	0	x	0	x	x
14	Ива козья <i>Salix caprea</i>	0	0	0	0	0	0	0	x	0	x	x
15	Клен остролистный <i>Acer platanoides</i>	0	0	0	0	0	0	-	0	0	x	x
16	Клен татарский <i>Acer tataricum</i>	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	x
17	Клен ясенелистный <i>Acer negundo</i>	-	x	0	0	0	x	-	x	0	x	x
18	Лещина обыкновенная	0	0	0	0	0	0	0	+	0	+	+

ТАБЛИЦА 21 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	<i>Corylus avellana</i>											
19	Липа мелколистная <i>Tilia cordata</i>	o	o	-	-	-	x	x	o	o	o	o
20	Липа японская <i>Tilia japonica</i>	o	o	-	-	-	-	-	o	o	o	o
21	Липа даурская <i>Tilia dahurica</i>	o	o	-	-	-	-	-	o	o	o	o
22	Лох узколистный <i>Elaeagnus angustifolia</i>	-	-	x	x	x	x	x	x	o	x	x
23	Малина обывков. <i>Rubus idaeus</i>	-	+	o	o	o	o	o	+	o	+	+
24	Облепиха крушиновая <i>Hippophae rhamnoides</i>	-	x	o	x	x	-	-	o	o	o	x
25	Ольха серая <i>Alnus incana</i>	+	x	x	x	x	x	x	o	o	o	x
26	Рябина обывковен. <i>Sorbus aucuparia</i>	-	+	x	x	-	x	x	x	x	x	x
27	Смородина золотая	-	-	o	o	o	o	o	o	o	o	+

ТАБЛИЦА 21 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
27	<i>Ribes aureum</i>											
28	Сосна крымская <i>Pinus pallasiana</i>	x	x	o	x	x	x	x	o	o	o	x
29	Сосна меловая <i>Pinus cretaceae</i>	-	-	o	o	o	o	o	o	o	o	-
30	Сосна обыкновенная <i>Pinus sylvestris</i>	x	x	o	x	x	x	x	o	o	o	x
31	Терн обыкновенный <i>Prunus spinosa</i>	-	-	o	o	o	-	-	x	o	x	+
32	Тополь душистый <i>Populus suaveolens</i>	x	x	o	o	o	x	o	o	o	o	+
33	Тополь дрожащий <i>Populus tremula</i>	o	o	o	o	o	o	o	x	x	x	x
34	Тополь Пионер <i>Populus sp.</i>	x	o	o	o	o	o	x	x	x	x	+
35	Тополь черный <i>Populus nigra</i>	o	o	+	x	x	x	x	o	o	o	o
36	Черемуха обыкновенная <i>Radus avium</i>	o	o	o	o	o	o	o	x	o	x	x

ТАБЛИЦА 21 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
37	Шелюга <i>Salix acutifolia</i>	x	o	o	o	o	o	x	o	o	o	-
38	Яблоня лесная <i>Malus sylvestris</i>	o	o	o	o	o	o	o	+	o	+	+
39	Ясень обыкновенный <i>Fraxinus excelsior</i>	o	o	o	o	o	x	o	o	o	o	o
ИНТРОДУЦЕНТЫ												
1	Акация белая <i>Robinia pseudoacacia</i>	+	x	+	x	x	x	x	x	x	x	x
2	Магония падуболис. <i>Mahonia aquifolium</i>	o	o	o	o	o	o	o	+	o	+	+
3	Пузыреп- лодник калин. <i>Physocarpus opulifolius</i>	o	o	x	x	x	x	x	+	+	+	+
4	Сосна австрий- ская <i>Pinus nigra</i>	-	-	o	o	o	o	o	o	o	o	x
5	Сосна Банкса <i>Pinus banksiana</i>	o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	o
6	Тополь бальзами- ческий <i>Populus balsamifera</i>	o	o	o	o	o	o	o	x	x	x	x

ТАБЛИЦА 21 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
7	Тополь канадский <i>Populus deltoides</i>	x	o	o	o	o	o	x	o	o	o	+
8	Тополь пирамидальный <i>Populus italica</i>	x	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+
9	Ясень лацентный <i>Fraxinus lanceolata</i>	-	o	o	o	o	x	+	+	o	+	+

Примечание: x — для широкого использования, + — для ограниченного использования, - — не рекомендуется, o — не испытывался.

13. При необходимости осуществлять террасирование откосов, которое способствует улучшению состояния и роста лесных культур, уменьшить их производственную себестоимость;

14. Использовать древесные и кустарниковые породы, имеющие большое почвоулучшающее, противозрозионное, санитарно-гигиеническое, рекреационное, социальное и эстетическое значение;

15. Выращивать смешанные насаждения, обладающие многосторонним влиянием на среду;

16. Вводить в состав насаждения плодово-ягодные культуры облепиху, смородину и др. при условии получения качественной продукции;

17. Использовать породы, легко распространяющиеся естественным путем (семенами и корневыми отпрысками), — тополь белый, облепиху крушиновую, акацию белую, ольху серую и т.д.;

18. Применять гидропосев на неудобных участках (твердые вскрышные породы, значительная крутизна откосов, сложный рельеф и т.д.);

Выращенные защитные насаждения по предлагаемым мероприятиям в значительной степени улучшать микроклимат, свойства субстратов будут эффективно выполнять противозрозионную, санитарно-гигиеническую, рекреационную, эстетическую и социальную роли, повышать продуктивность земель и растительных ценозов как на техногенных, так и окружающих территориях.

6. ИНЖЕНЕРНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Выбор наиболее пригодных для градостроительного освоения территорий, создание благоприятных условий для планировки, застройки и благоустройство, защита архитектурных сооружений и комплексов от наводнений, селевых потоков, многолетней мерзлоты и других неблагоприятных природных явлений, обеспечение хороших санитарно-гигиенических и микроклиматических условий в городах и других населенных пунктах, решение других крупномасштабных градостроительных задач невозможны без проведения инженерно-биологических работ.

6.1. Инженерно-биологические работы на свалках

Обезвреживание и утилизация отходов производства и потребления. Защита городской среды от бытовых отходов (БО) состоит в их сборе, транспортировке, переработки или складировании. Повышение уровня комфортности жилья приводит к увеличению бытовых отходов на всех стадиях деятельности человека, в том числе и в строительстве. Это увеличение составляет примерно 1...3% в год на каждого жителя. На объем БО и последующие операции влияют климат, характер застройки, уровень промышленного развития, торговля, сфера услуг и другие условия. Имеет место неравномерность накопления бытовых отходов по дням недели, времени года. Ориентировочное количество БО определяют по формуле:

$$P \approx pm \approx g_i \Pi_i \quad (31)$$

где P — годовое количество бытовых отходов в год, м^3 ; p — расчетная норма мусора на 1 чел, $\text{м}^3/\text{год}$; m — количество жителей в населенном пункте, чел; g_i — норма накопления мусора на 1 чел. на производстве, в общественных, зрелищных и прочих зданиях, $\text{м}^3/\text{год}$; Π_i — примерное количество рабочих, служащих и прочих людей, чел.

В населенных пунктах (городах, поселках) России ежегодно образуется около 120–140 млн. м^3 отходов. Для обезвреживания и утилизации твердых бытовых отходов (ТБО) известно более 20 ме-

тодов, по каждому из которых имеется 5–10 различных технологий, технологических схем, типов сооружений. По своему принципу и конечной цели методы обезвреживания и переработки делятся: на ликвидационные — решают санитарно-гигиенические задачи; утилизационные — решают задачи экономики и использования отходов как вторичных ресурсов.

По технологическому принципу методы могут быть биологические, термические, химические и механические.

Наиболее распространенными методами в России и за рубежом являются: складирование на полигонах (ликвидационный биолого-механический); сжигание (ликвидационный термический); компостирование (утилизационный биологический).

Эти методы позволяют соблюдать нормативы по охране окружающей среды.

При обращении с отходами производства и потребления, согласно ст. 51 Закона РФ «Об охране окружающей среды», запрещается:

- сброс отходов производства и потребления, в том числе радиоактивных отходов, в поверхностные и подземные водные объекты, на водосборные площади, в недра и на почву;
- размещение опасных и радиоактивных отходов на территориях, прилегающих к городским и сельским поселениям;
- размещение опасных и радиоактивных отходов в лесопарковых, курортных, лечебно-оздоровительных, рекреационных зонах, на путях миграции животных, вблизи нерестилищ и иных местах;
- захоронение опасных и радиоактивных отходов на водосборных площадях подземных водных объектов, используемых в качестве источников водоснабжения.

При строительстве заводов механизированной переработки ТБО одним из экономических показателей является наличие гарантированных потребителей компоста (органического удобрения или топлива) в радиусе до 20 км. При строительстве завода по сжиганию ТБО с утилизацией тепловой энергии является гарантированное (круглосуточное и круглогодичное) потребление тепловой энергии.

При строительстве полигонов складирования ТБО важнейшими условиями являются следующие:

- наличие свободного участка с основанием на водоупорных грунтах;
- уровень грунтовых вод ниже 3 м от поверхности площадки;
- наличие грунта или инертных отходов для изоляции ТБО;
- получение разрешения на высоту складирования (свыше 20 м);

- размещение полигона на расстоянии до 15 км от центра сбора ТБО.

При выборе участка под полигон складирования ТБО должна быть проведена не только геологическая оценка территории, но и экономическая вариантность проработки полигона. Для каждого варианта подбирают земельный участок и устанавливают транспортные затраты по вывозу отходов, сроки действия полигона, обоснованные на обеспечение потребителей компоста.

Наиболее распространенными методами обработки и захоронения БО являются следующие.

Закрытые свалки — метод, позволяющий обрабатывать большие объемы БО при относительно малом воздействии на окружающую среду. При этом методе исключается горение и пожары, однако отсутствует утилизация продуктов БО.

Открытые свалки — неконтролируемый сброс отходов, без уплотнения, изоляции, чаще всего «диким» способом. Самый неэффективный, но вместе с тем самый распространенный метод. Нередко отходами завалены все обочины проезжих дорог поселков, опушки лесов, поляны и овраги.

Организованные полигоны отходов — это более современный метод захоронения отходов, но рассчитан на длительное отторжение площадей, поэтому его нельзя признать перспективным. Данный метод вмещает достоинства закрытой свалки, но при этом утилизирует так называемый биогаз — метан (55–60%), образующийся в теле полигона вследствие анаэробной биодеструкции органических веществ. С каждой тонны БО образуется до 200 м³ газа, отводимого системой горизонтальных дырчатых труб в газгольдер и затем используемого в топливных или энергетических установках.

Отходы при таком методе не включаются в круговороты вещества и энергии и, следовательно, ведут к дополнительной антропогенной нагрузке на окружающую природную среду; к снижению ее экологической устойчивости;

Прессование — это разделение отходов на твердые и жидкие компоненты с последующей их переработкой под давлением 80 МПа. Получаемые при таких параметрах обработки твердые отходы имеют объемную массу около 1000 кг/м³ и могут найти применение в строительстве.

Компостирование — это биохимический процесс обезвреживания отходов. Его достоинства заключаются в наиболее сокращенном сроке (до 6 сут.) переработки отходов и получении биотоплива и компоста, используемого в качестве удобрения в сельском хозяйстве.

Технологический процесс осуществляется во вращающихся барабанах диаметром 3–3,5 м и длиной 20 м и требует соблюдения режимных параметров: температуры; влажности; длительности перемешивания; сушки.

Пиролиз — обезвреживание отходов — происходит в условиях дефицита кислорода и при температуре 600–800 °С, что приводит к термическому разложению отходов и их обезвреживанию. Этот метод привлекателен в случае использования образующегося тепла для выработки тепловой или электрической энергии, а также для защиты атмосферы от газов и твердых выбросов.

Методы полевого компостирования ТБО целесообразно применять в городах с населением до 500 тыс. чел., как наиболее простой и дешевый метод обезвреживания и переработки отходов. Технология этого метода заключается в компостировании отходов в открытых штабелях. Применяют две принципиальные схемы полевого компостирования: с предварительным дроблением ТБО и без предварительного дробления. В первом случае для измельчения твердых отходов используют специальные дробилки, во втором — измельчение за счет многократного перелопачивания материала. Неизмельченные фракции отделяют на контрольном грохоте (устройство для механической сортировки сыпучих материалов по крупности частиц просеиванием их через колосники, решетки и сита). Установки, оснащенные дробилками для предварительного измельчения, обеспечивают больший выход компоста и дают меньше отходов производства.

Сооружение и оборудование полевого компостирования должны обеспечить прием и предварительную подготовку отходов, биотермическое обезвреживание и окончательную обработку компоста. Отходы разгружают в приемный бункер или на ровную площадку. Затем бульдозером или грейдерным краном формируют штабеля, в которых происходят процессы аэробного биотермического компостирования. Для повышения активности биотермического процесса наряду с перелопачиванием и принудительной аэрацией производят увлажнение материала. Зрелый компост перед отправкой потребителю направляют на грохот, где его очищают от крупных фракций. Из отходов и компоста электромагнитным сепаратором извлекают черный металлолом.

Наиболее доступным методом складирования ТБО является *метод*, представляющий собой совокупность современных инженерных и инженерно-биологических технологий. В рамках этого метода применяются различные материалы: габионные и армогрунтовые

конструкции; различные геосинтетические материалы (геотекстиль, геомембраны, геосетки), применяемые для дренажа, гидроизоляции, армирования грунтов; инженерно-биологических технологии (метод экстремального озеленения, биоматы и биотекстиль из растительного волокна).

При исследовании инженерно-биологической конструкции, созданных на свалках, выявлено, что здесь проявляются выделения метана, оксида углерода (IV) и повышенная температура в зоне корневых систем. Установлены пределы по этим показателям, превышение которых может привести к негативным последствиям: оксида углерода (IV) не выше 5–6%; температура почвы до 25 °С; кислорода не ниже 10–15%. Если превысить эти нормы, то растительность гибнет.

Поэтому рекультивация свалок возможна во взаимосвязи с такими мероприятиями, которые позволяют в верхнем защитном слое понизить содержание метана и оксида углерода (IV), повысить содержание кислорода, и, кроме того, снизить температуру почвы.

Экспериментальным путем было выявлено 3 возможных варианта, при которых сокращается содержание газа и понижение температуры почвы.

а) прерывание доступа газа к корням древесных пород за счет защитного слоя:

– из пленки в V-образной форме; во избежание образования застоя влаги прокладывают дренажные трубки.

– за счет горизонтальной укладки защитного слоя из пленки. Для избежания застоя воды пленку укладывают под небольшим уклоном.

б) для усиления поверхностного вентилирования с двух сторон от растений выкапывают каналы;

г) отвод газов за счет системы газоотводных шахт и труб.

В Германии в ходе эксперимента выявлено, что наиболее пригодными для этих целей растениями являются: черная ольха, осина, терн, серая ива и пурпурная ива.

Рекультивация полигона с осуществлением инженерно-биологических мероприятий включает очистку прилегающих к полигону территорий, засыпку глинистым грунтом, уплотнение и гидроизоляцию поверхности свалочных грунтов, посадку древесно-кустарниковых растений, посев трав.

Ассортимент растительности подбирается с учетом почвенно-климатических факторов, состава, плодородия и токсичности грунтов.

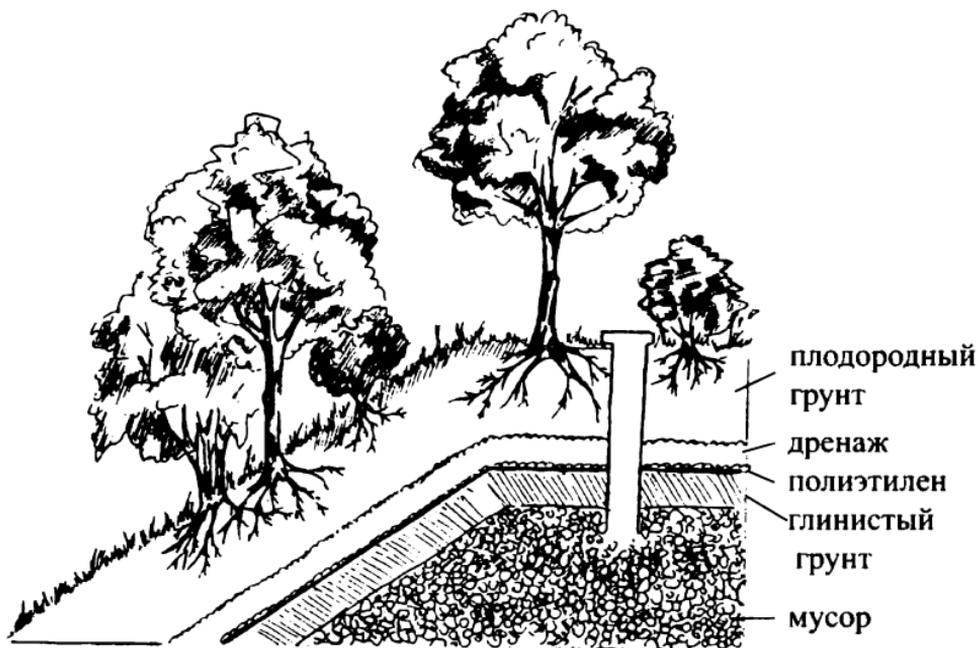


РИС. 29. Рекультивация свалки.

Основные направления малоотходных и безотходных технологий. В настоящее время для удовлетворения потребностей народного хозяйства ежегодно вовлекается в оборот около 20 т природного сырья в расчете на одного человека.

Вопросы перераспределения структуры потребления и производства к началу XXI в. вышли на первое место в мире. Развитые страны стремятся во многом разрешить их путем «выталкивания» загрязняющих отраслей, в том числе и горнодобывающей промышленности, в развивающиеся страны. Но это не способ решения проблемы.

Жизнь и практика показывают, что технология, основанная на использовании новейших достижений науки и техники, в конечном счете, самая выгодная. В этих условиях взаимосвязь экологии и экономики принципиальным образом изменяется. Появляется возможность создания новой технологии, технологических процессов, базирующихся на экологически безопасных продуктах сырья и соответствующем оборудовании, которые не наносят ущерба окружающей среде.

6.2. Инженерно-биологические работы в населенных пунктах

По уровню инженерно-биологических работ в населенных пунктах можно судить не только о качестве инженерного обеспечения города, жилого района или квартала, их комфортности и удобстве для жителей, но и об архитектурно-эстетическом облике застройки урбанизированных территорий.

Уровень городского благоустройства и качество строительных работ, отражает общую градостроительную культуру общества.

6.2.1. Общие понятия об инженерно-биологических работах в городах и населенных пунктах

Ландшафтная организация городов и поселков — это комплекс градостроительных, ландшафтно-планировочных, инженерных, эстетических и агротехнических мероприятий по разработке и созданию эффективных систем озеленённых территорий, способствующих оптимизации санитарно-гигиенических условий для проживания населения, оздоровлению окружающей среды, наилучшей организации отдыха населения, обогащению внешнего облика застройки.

По современным градостроительным положениям современный город имеет определённую планировочную структуру, включающую так называемые функционально-планировочные образования. Это — общественные центры, участки общественной застройки, селитебные зоны, участки производственной застройки, территории магистральной и улично-дорожной сети, транспортной и инженерной инфраструктуры, сеть учреждений и предприятий общественного обслуживания; рекреационные территории, образующие систему озеленённых пространств, охватывающих весь город (посёлок).

Селитебные зоны включают жилые районы, микрорайоны, группы жилых домов, с сетью проездов, улиц, путей внутрирайонного сообщения. Селитебный комплекс является крупнейшим элементом города, органически связанным с его структурой и заключённым в определённые планировочные границы. Его функция — обеспечить максимальные удобства для населения и создать выразительный архитектурный облик застройки при соблюдении необходимых санитарно-гигиенических норм. Максимальные удобства для жизни человека — это не только предоставление жилой площади,

но и строительство учреждений культурно-бытового обслуживания населения — школ, детских садов, яслей, магазинов, клубов, кино-театров, спортивных сооружений, а также организации системы общественного транспорта. В зависимости от общих планировочных особенностей города селитебный комплекс формируют в виде:

- групп смежно расположенных жилых районов, разделенных магистралями;
- групп жилых районов и микрорайонов, отделенных друг от друга магистралями, скоростными дорогами, а также естественными водоемами, лесами, рощами.

Структурным планировочным элементом города является производственная территория, предназначенная для размещения промышленных предприятий и связанных с ними объектов, комплексов научных учреждений с их опытными производствами, коммунально-складских объектов, сооружений внешнего транспорта, путей внегородского и пригородного сообщения.

В городах формируется система общественных центров, включающих общегородской центр, центры планировочных и жилых районов, специализированные центры — медицинские, учебные, спортивные, торговые. В исторических городах выделяются культурно-исторические центры в пределах сложившейся зоны исторической застройки.

В увязке с планировкой города предусматривается единая система транспорта и улично-дорожной сети, обеспечивающей удобные и быстрые транспортные связи со всеми зонами и другими объектами, расположенными в пригородной зоне.

Каждая зона города включает озеленённые территории различного назначения, предназначенные для определенных целей — отдыха населения, защиты от воздействия неблагоприятных факторов, ландшафтно-декоративного оформления застройки. Все озеленённые участки комплексов-зон объединяются в систему озеленённых территорий города.

При создании систем озелененных территорий в городах и посёлках решаются следующие задачи:

- градостроительные, связанные с разделением отдельных зон и структур населенного места, объединением частей в одно целое, повышением выразительности архитектурных ансамблей;
- оздоровительные, связанные с оптимизацией микроклимата, повышением saniрующего и экологического эффекта;
- рекреационные, решающие проблемы отдыха городского населения;

– архитектурно-художественные, связанные с эстетическим обогащением городской среды, повышением художественной выразительности архитектурных ансамблей города.

Одним из методов инженерной биологии, широко используемых в обустройстве городов является озеленение. Осуществляется оно за счет создания насаждения и травянистых участков, ревитализации водных источников.

Озелененные территории города, как объекты ландшафтной архитектуры, должны пространственно разграничивать различные, функциональные зоны города, подчеркивать основные планировочные оси, выделять композиционно и функционально важные точки. Они в совокупности с компонентами существующих природных комплексов — лесов, лугов, долинами рек, служат местами притяжения населения, являются своеобразными пространственными ориентирами. Озеленённые территории и существующие зелёные массивы связывают город с окружающей средой, являются активным градостроительным элементом и участвуют в формировании городской территории.

В градостроительной практике при ландшафтной организации культурно-исторических зон города следует придерживаться следующих принципов:

- воссоздания исторически достоверной ландшафтной среды;
- стилового единства, то есть использования архитектурно-ландшафтных приемов, характерных для эпохи создания ансамбля.

Ландшафтная организация территорий путём создания системы озеленённых территорий предполагает выполнение следующих планировочных мероприятий:

- установление взаимосвязи и непрерывности озеленения внутри городских территорий с включением лугов, пойм рек, водоемов, лесов, находящихся вне городской черты;
- выделение специализированных центров рекреации в виде крупных лесопарков или зон отдыха;
- установление специальных режимов пользования для отдельных объектов — заповедников, заказников, мемориалов, памятников садово-паркового искусства;
- организация необходимого уровня благоустройства городских территорий с развитием дорог, устройством стоянок, мест отдыха;
- создание и сохранение зелёных насаждений, устойчивых по своей структуре, видовому составу и осуществление систематического ухода за ними.

Ландшафтная организация населённого пункта тесно увязывается с планировочной структурой города. В планировке система озеленённых территорий должна органично «вплестаться» в структуру города, а существующий и искусственно созданный садово-парковый ландшафт — быть основой ее планировки.

6.2.2. Классификация озеленённых территорий

Все озелененные территории, входящие в планировочную структуру города, классифицируют по территориальному признаку и функциональному назначению.

По территориальному признаку их делят на внутригородские, находящиеся в пределах административных границ города, в застройке, и внегородские — объекты, расположенные за пределами городской застройки, в пригородной зоне.

По функциональному назначению выделяют следующие категории:

– общего пользования — общегородские и районные парки, специализированные парки; городские сады и сады жилых районов, межквартальные сады, сады при группе жилых домов; скверы на площадях, в отступах застройки; бульвары вдоль улиц, пешеходных трасс, на набережных;

– ограниченного пользования — территории районов и микрорайонов, участки детских учреждений, школ, вузов, техникумов, культурно-просветительных учреждений, спортивных сооружений, учреждений здравоохранения, промышленных предприятий;

– специального назначения — озеленённые территории, связанные с защитой жилых районов от неблагоприятных воздействий, защитные зоны между промышленными объектами и жилой территорией, участки магистралей и улиц; территории кладбищ; памятники.

В особую категорию выделяют:

– территории памятников садово-паркового искусства;

– заповедники;

– национальные парки;

– памятники природы.

Озеленённые территории за пределами границы города входят в состав пригородной зоны и включают разнообразные по своему назначению и функциям следующие объекты:

– объекты жилой застройки пригородов, посёлков;

– участки промышленных территорий;

- пригородные леса, лесопарки;
- курорты и дома отдыха, пансионаты, санатории;
- памятники садово-паркового искусства;
- озеленённые трассы магистралей, шоссе, дорог;
- особо охраняемые природные территории (заповедники, заказники, национальные парки и др.);
- территории, отведённые под водоохранные насаждения вокруг водоёмов, ветрозащитные насаждения со стороны господствующих ветров, противозрозионные почвозащитные насаждения на склонах, подвергасмых размыву.

Общегородские озеленённые территории должны составлять костяк планировочной организации системы озеленения. Целесообразно на стадиях градостроительного проектирования под эти объекты резервируют территории по берегам рек, водоемов, на базе существующих зелёных массивов насаждений. От рационального размещения общегородских объектов зависит общий уровень ландшафтной организации города, комфортность городской среды.

При определении мест для этих территорий исходят из планировочной структуры города, его территориальных комплексов. В селитебной зоне необходимо предусмотреть для отдыха населения и оздоровления среды районные сады и парки, парки планировочных районов, спортивные комплексы. Озелененные участки магистралей и улиц, скверы, бульвары и набережные дополняют и связывают с системой крупных звеньев — садов, парков и лесопарков.

По современным градостроительным требованиям в крупных и крупнейших городах рекомендуется включать в застройку крупные массивы растительности (500–1 000 га) или «клинья», «полосы», шириной не менее 0,5 км. При формировании озелененных пространств в городе рекомендуется укрупнять массивы насаждений. Площадь таких массивов должна составлять от 10 до 40% всех озеленяемых территорий города. При этом придерживается следующих принципов:

- размещения объектов озеленения общего пользования на селитебных территориях, в общественных центрах города, на промышленных и коммунально-складских территориях, на магистралях и улицах;
- объединение в единую систему городских и загородных объектов сстью озелененных пешеходных трасс, набережных, бульваров;
- взаимосвязь городского ландшафта с рельефом окружающей местности, водоемами, застройкой, сооружениями и оборудованием благоустройства;

– включение системы озеленения в комплекс мероприятий по охране природы, оздоровлению окружающей среды.

При проектировании системы озеленённых территорий и её составляющих объектов дополнительно используют:

– восстановленные нарушенные территории, которые, несмотря на небольшие площади, эффективны благодаря близости к жилью, общественным центрам, пешеходным путям;

– сельскохозяйственные земли в безлесных районах, занятые садами, где возможно создание агропарков;

– намывные территории для городов, расположенных на морских побережьях и у рек, где возможно формирование крупных парковых массивов.

Планирование системы озеленённых территорий крупного города осуществляется последовательно, сначала на уровне генерального плана города, далее плана планировочного района и затем проекта детальной планировки жилого района.

Существуют разные подходы к организации систем озеленённых территорий:

– первый, когда система озеленения имеет подчиненный характер и зависит от планировочной структуры города,

– второй, когда зеленые массивы системы формируют планировку города.

Выделяют также несколько видов размещения озелененных территорий в плане города:

1) центричное;

2) периферийное;

3) групповое, линейно-полосовое.

Центричная и периферийная структуры — система озеленения, объединяющая объекты городского и районного значения в единое целое; линейно-полосовая — дифференцированные объекты озеленения; групповая и линейно-полосовая — выделенная система районных и городских парков и лесопарков, что характерно для крупных и крупнейших городов.

6.2.3. Особенности проектирования систем озеленённых территорий в населенных пунктах

Проектирование системы озеленённой территории города является важной градостроительной задачей, в решении которой участвуют различные специалисты-градостроители, архитекторы, ландшафтные архитекторы, экологи, инженеры различного профиля.

Градостроительное проектирование систем озеленённых территорий в городах и населенных местах в России осуществляется в несколько этапов или стадий. Ведётся оно на основе разработанной градостроительной документации, которая включает:

- проект региональной (или районной) планировки;
- проект планировки города, или генеральный план, на основании которого разрабатывается система озеленённых территорий города;
- проект детальной планировки (ПДП) какой-либо части города или населенного пункта, например, жилого района с сетью улиц и т.п.; на основе ПДП разрабатывается система озеленённых территорий отдельных территориальных комплексов;
- проект застройки (ПЗ) городской территории жилых микрорайонов, магистралей, площадей, общественного центра, территорий промышленных предприятий.

Для малых городов и поселков принимается упрощенный порядок проектирования, при котором генеральный план совмещается с проектом детальной планировки и проектом застройки.

В круг задач районной планировки входят обеспечение наиболее рационального решения территориального промышленного и хозяйственного устройства проектируемого района, формирование его архитектурно-планировочной структуры и функционального зонирования в целях создания оптимальных условий для развития производства, градостроительства, сохранения и улучшения природной среды. Проект районной планировки включает планирование целого региона, края и составляется на основе учета целого ряда природных факторов и ландшафтных особенностей местности с соблюдением экономических, технических, архитектурно-планировочных и санитарно-гигиенических требований.

Проектом районной планировки выявляются перспективы развития производительных сил района, даются предложения по размещению промышленных и сельскохозяйственных предприятий, электростанций, городов, поселков, мест и районов отдыха и туризма. Проект районной планировки представляется в виде схемы района в масштабе 1 : 50 000... 1 : 25 000. Схему составляют в расчете на развитие района в течение 10 лет — 1-я очередь и 25 лет — перспективная. Схемой определяются система расселения и расчетная численность населения района, его границы, функциональное зонирование, предусматриваются организация транспортных связей и инженерное оборудование территорий, формулируются принципы архитектурно-планировочной организации городов и поселков района с

учетом ландшафтных особенностей местности и характера застройки. К основному чертежу схемы прилагаются отдельные планы поселков, заповедных территорий, мест отдыха, а также составляется пояснительная записка. Чертежи схемы районной планировки составляются на основе материалов геоинформационной системы (ГИС) или аэрофотосъёмки местности.

Проект планировки города, или генеральный план, является основным градостроительным документом. В нем определяются перспективы развития города и комплексное решение всех его функциональных элементов, а также технический и эстетический уровень планировки и застройки.

В проект планировки города входят основной чертеж генерального плана в масштабе 1 : 25 000 — для крупнейших городов или 1 : 5 000 — для остальных городов и поселков, на котором представлены:

- планировочная структура населенного места;
- макет и панорама города, масштаб 1 : 2 000;
- схема функционального зонирования;
- схема сооружений транспорта и магистрально-уличной сети;
- схема размещения культурно-бытового обслуживания населения;
- схема ландшафтной организации городских территорий с выявлением ценных существующих природных объектов; по схеме определяется система озеленённых территорий города с номенклатурой объектов и их специализацией и расчётом перспективного плана озеленения территорий;
- планы и карты, отражающие инженерную подготовку городских территорий, в том числе озеленённых территорий, масштаб 1 : 2 000;
- схема пригородной зоны.

К проекту планировки города составляется пояснительная записка, и рассчитываются технико-экономические показатели.

Проект детальной планировки (ПДП) части городской или поселковой территории ставит своей задачей уточнение и развитие решений, принятых генеральным планом населенного места. В проекте прорабатываются детали генерального плана, т.е. территориальные комплексы (зоны), в том числе размещение отдельных элементов системы озеленённых территорий — городских парков, лесопарков, зон отдыха, территорий памятников истории и культуры.

ПДП включает следующие материалы:

- схему размещения проектируемого района в масштабе 1 : 5 000 — 1 : 10 000 — жилой комплекс, промышленный район, общественный центр;

- схемы вертикальной планировки (масштаб 1 : 2 000) и инженерной подготовки территории и инженерного оборудования (масштаб 1 : 2 000);
- схемы организации транспорта;
- схемы культурно-бытового обслуживания;
- схемы ландшафтной организации с системой озеленённых пространств территориального комплекса с генеральными планами отдельных крупных объектов, в том числе парков, лесопарков, городских садов;
- поперечные профили магистралей и улиц в масштабе 1 : 100 – 1 : 200;
- пояснительную записку;
- технико-экономические показатели со сметно-финансовыми расчётами по укрупнённым показателям.

Проект застройки (ПЗ) — завершающий этап проектирования города или поселка, включающий детальную разработку планировки жилого комплекса — микрорайона, группы жилых домов, территорий и участков общественных центров, территорий промышленных предприятий. В материалы проекта входит проектная документация, включающая чертежи, показывающие размещение зданий, сооружений, подземных коммуникаций, планировку улиц, проездов, макеты застройки, а также чертежи инженерного благоустройства и озеленения территорий, вертикальной планировки, инженерного оборудования со спецификациями материалов, их номенклатурой. Составляется смета на строительство, прилагаются технико-экономические показатели и подробная пояснительная записка.

Проектирование системы озеленённых территорий населенного места, как было указано выше, решается на градостроительной стадии проектирования генерального плана. Основой служит чертеж генплана города или поселка в масштабе 1 : 10 000 или 1 : 5 000, на котором нанесены рельеф, водоемы, растительность, уличная сеть и дороги застройки всех видов. Кроме того, для составления схемы озеленения города или посёлка необходимы сведения о сооружениях, оборудовании. Важнейшим показателем является численность населения в настоящее время и на перспективу. Из проекта планировки и застройки берутся сведения об этажности и плотности застройки жилых районов, характере производства промышленных предприятий, балансе отдельных планировочных зон — удельный вес сооружений, дорог, застройки и свободных пространств.

На проектирование и формирование систем озеленённых территорий в городах существенное влияние оказывают:

- величина города;
- хозяйственно-промышленный профиль города;
- природно-климатические факторы.

Величину города во многом определяют состав объектов озеленения, их площадь и размеры. По существующей градостроительной классификации города делятся на крупнейшие — с населением 1 млн. жителей и более; крупные — с населением 500 тыс. жителей; большие — с населением 250 тыс.; средние — 100 тыс., и малые — 50 тысяч жителей. Чем крупнее город, тем сложнее его планировочная структура и планировка. Система озеленённых территорий определяется величиной города, размером планировочных зон. В малых городах с населением 50 тыс. жителей селитебная территория не разделена на жилые районы. Общегородской центр находится довольно близко от жилья, часто в пределах пешеходной доступности — до 1,5 км. Загородные объекты озеленения также расположены недалеко от селитебной территории. В связи с этим в системе озеленения прежде всего выделяются:

- 1) микрорайонные сады;
- 2) городской парк;
- 3) скверы в общегородском центре, бульвары вдоль улиц, магистралей; озелененные пешеходные пути между микрорайонами и промышленными зонами.

Как показывают социологические исследования, в этих городах посещаемость городского парка относительно невелика — 4–5% от всего населения — в связи с тем, что для отдыха широко используются окрестности города, леса, озера, речки. Население небольших городов имеет возможность в летнее время и зимой отдыхать как в самом городе, так и за городом. Местоположение городского парка — основного элемента системы озеленения — может быть центричным или периферийным в силу небольших расстояний от жилья.

В средних и больших городах — с населением 250 тыс. жителей — селитебная территория сложнее по своей структуре и включает несколько жилых районов. Основные требования к построению системы озеленения таких городов следующие:

- 1) устройство садов микрорайонов и садов или парков жилых районов — объектов повседневного и периодического пользования, — связанных между собой озелененными пешеходными путями, проездами, улицами;
- 2) устройство городского парка в центральной части города или вблизи общественного центра;

3) создание озелененных территорий вдоль рек, озер, водоемов в виде парковых полос для соединения городских насаждений с пригородными лесопарками и лесами;

4) создание объектов специального назначения в виде защитных насаждений в зависимости от наличия промышленных объектов с вредными выбросами, природно-климатических факторов, ландшафтных особенностей.

Условия проектирования системы озеленённых территорий в больших, крупных и особенно крупнейших городах — население 500 тыс. жителей и выше — более сложные.

В таких городах обычно представлены все виды объектов городского и районного озеленения, включая детские парки, территории выставочных центров, ботанические и зоологические парки, мемориальные парки, озелененные территории вузов, больниц, стадионов.

Крупные города, как правило, имеют более разветвленную сеть объектов загородного отдыха, которая представлена лесопарками, загородными парками, зонами отдыха и др.

В новых крупных городах должны быть удовлетворены запросы населения в отдыхе как в пределах города, так и в его окрестностях. Для проезда от жилья до места работы обычно затрачивается от 40 мин. до 1 ч и более; от жилья до лесопарков и зон отдыха в пригородной зоне — такое же время, а до городского парка — не более 20–30 мин.

6.2.4. Примерные нормативы для градостроительного проектирования систем озеленённых территорий в населённых пунктах

Город, населённое место должны иметь определенное количество и качество озеленённых территорий, чтобы удовлетворялись архитектурно-планировочные, рекреационные и санитарно-гигиенические требования.

Для расчётов устанавливаются следующие показатели:

– уровень озеленённости городской территории, % от общей площади;

– количество озеленённой площади, м на одного жителя.

Эти показатели входят в состав основного градостроительного документа, каким являются «Строительные нормы и правила (СниП 2.07.01-89*)». «Планировка и застройка городских и сельских поселений».

ТАБЛИЦА 22. Примерные нормы площади объектов озеленения на одного жителя, м²

Виды объектов озеленения	Крупнейшие и крупные города	Средние города	Малые города	Города-курорты	Сельские населенные пункты
Общегородские или общепоселковые	10	7	8(10)*	До 20	12
Жилые районы	6	6	—	До 12	—
Итого	16	13	8	До 22	12

Примечание. В скобках приведены размеры для малых городов с численностью населения до 20 тыс. чел.

Согласно нормативам озеленённые территории должны занимать в общей сумме до 40–50% от площади территории города и до 30–35% — селитебной территории (по расчёту, в зависимости от плотности застройки жилых районов). В производственных зонах процент озеленения должен быть на уровне 15–20 %.

Уровень озеленённости является примерной придержкой.

В практике градостроительства размещение насаждений в городах или поселках ведется по государственным нормам озеленения.

Норма озеленения на одного жителя — это определенное количество озелененной площади, м², необходимое для удовлетворения потребностей в отдыхе, а также для улучшения условий местообитания.

При разработке проектов ркомендуется использовать следующие нормативы (табл. 22).

Из табл. 22 можно сделать вывод, что нормами предусмотрена необходимость создания в перспективе на 20–25 лет в крупнейших и крупных городах общегородских и районных объектов озеленения 16 м² на жителя, в средних и малых городах — соответственно 13 и 8 м.

По примерным расчётам генеральных планов в городах с населением 1 млн. жителей под объекты озеленения общегородского и районного значения в перспективе должны резервироваться

территории площадью более 2 000 га. В структуре озеленённых территорий общего пользования крупные парки и лесопарки, ширина 500 м и более, должны составлять не менее 10%.

В крупнейших городах для обслуживания населения следует предусматривать детские, спортивные, выставочные парки; зоологические и ботанические сады, то есть специализированные парки. Ориентировочные размеры детских парков допускается принимать из расчёта в $0,5 \text{ м}^2/\text{чел.}$, спортивных парков — $12 \text{ м}^2/\text{чел.}$, включая площадки и спортивные сооружения.

В «Строительных нормах и правилах» приведены усреднённые размеры парков, садов и скверов для городов России. Так, для общегородских парков следует отводить территории не менее 15 га, для парков в планировочных районах — не менее 10 га; для садов жилых районов — не менее 3 га; для скверов — не менее 0,5 га. В общем балансе территории садов, парков, скверов не менее 70% должна занимать площадь озеленённых территорий. Площадь лесов в черте города или в пригородной зоне, отводимых под лесопарки, следует принимать не менее 200 м^2 на одного жителя города.

Объекты озеленения общего пользования как городского, так и районного значения составляют наибольший удельный вес от всех озеленённых территорий. Эти объекты являются основой системы озеленения любого населённого места.

Из таблицы 22 видно, что нормы установлены для объектов общегородского значения и районных. При этом в норму озеленения входят площади садов микрорайонов и жилых групп — наиболее крупных единиц в структуре. Обеспеченность насаждениями общего пользования изменяется по группам городов, увеличиваясь по мере возрастания численности населения в городах. Наивысшую обеспеченность имеют города, расположенные в засушливых областях страны, где допускается увеличение норм на 20%. Увеличиваются нормы и в городах-курортах. В городах, находящихся в зонах с неблагоприятными лесорастительными условиями — зоны пустынь, тундры, — нормы озеленения могут быть уменьшены, но не более чем на 10%.

Объекты озеленения ограниченного пользования не входят в расчетные нормы озеленения городов и поселков. Размеры озеленённых территорий ограниченного пользования рассчитывают по обеспеченности территориями в расчете на одного жителя на основании проектных данных в соответствии с заданиями на проектирование. Удельный вес объектов озеленения специального назначения в системе озеленённых территорий города зависят от его ве-

личины и природно-климатических особенностей местности. Площади таких объектов определяют, исходя из величины отводимых территорий, например, от величины разрывов между промышленной и селитебной территорией.

Особое место занимают озелененные участки улиц и магистралей, не включая бульвары и скверы, которые также не входят в нормы озеленения СНиП. Нормы озеленения улиц устанавливают в зависимости от разветвлённости и площади уличной сети города. На одного жителя города должно приходиться в среднем 5,5–7,8 м² озелененных территорий улиц.

Объекты пригородных зон нормируются исходя из конкретных условий в зависимости от величины города. Как правило, в них предусматривают питомники древесно-кустарниковых растений и цветочно-оранжерейных хозяйств с учётом обеспеченности посадочным материалом для ведения работ по озеленению городских объектов, реконструкции, капитальному ремонту. Площадь питомника должна быть не менее 80–100 га и принимается из расчёта 3–5 м² на одного жителя. Общую площадь цветочно-оранжерейных хозяйств устанавливают из расчёта 0,4–0,5 м² на жителя города.

6.2.5. Проектирование объектов ландшафтной архитектуры на урбанизированных территориях

Проектирование отдельных объектов ландшафтной архитектуры системы озеленённых территорий ведётся на этапах детальной планировки (ПДП) и проекта застройки (ПЗ) города. Все работы по проектированию, а также по реконструкции зелёных насаждений, реставрации территорий памятников садово-паркового искусства и капитальному ремонту озеленённых территорий проводятся специализированными организациями.

Для каждого объекта разрабатывается свой подход к планировочному и объёмно-пространственному решению, подбору ассортимента растений и т.п. Поэтому в зависимости от величины объекта, выполняемых им функций, архитектурно-планировочного значения все объекты могут быть объединены по категориям (группам):

– I категория — сложные объекты ландшафтной архитектуры общегородского и исторического значения: мемориальные комплексы, памятники садово-паркового искусства, крупные парки, лесопарки; сложные по природным условиям объекты районного значения;

– II категория — объекты общегородских и районных центров: скверы на площадях, бульвары вдоль главных улиц, общественные городские сады, районные парки, сады-выставки;

– III категория — объекты жилой застройки, территории ограниченного пользования — детских садов, школ, больниц, участков культурно-бытового назначения; территории промышленных предприятий, санитарно-защитные зоны;

– IV категория — участки магистралей и уличной сети, территории трасс шоссе, скоростных дорог, территории с насаждениями защитного типа.

Предусматривается несколько последовательных этапов проектно-изыскательского и строительного процесса создания объекта ландшафтной архитектуры. Этапы включают следующие виды работ:

1) подготовка исходно-разрешительной документации и проектные проработки;

2) проектирование объектов;

3) согласование и экспертиза проекта и его утверждение;

4) рабочее проектирование;

5) договор на строительство и составление Государственного акта на земельный участок объекта;

6) строительство, ввод или приёмка объекта в эксплуатацию.

Основанием для разработки проекта является задание на проектирование, разрабатываемое организацией заказчика на основании проведённых изыскательских работ.

Ассортимент древесно-кустарниковой, травянистой растительности подбирается с учетом почв, климата, целевого назначения.

В населенных пунктах используются такие же методы инженерной биологии как и в других случаях (глава 10). При этом широко используются высокодекоративные и устойчивые к городским условиям растения.

7. ИНЖЕНЕРНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ В ЗОНЕ ТРАНСПОРТНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ

Инженерно-биологические работы в зоне транспортных магистралей способствуют уменьшению вредного влияния транспорта и промышленности на окружающую среду.

7.1. Влияние транспорта на окружающую среду

Радикальные экономические и социальные перемены в мире неизбежно диктуют необходимость ускоренного развития дорожно-транспортной инфраструктуры, которая включает в себя автодорожную и внеотраслевую индустрию, автомобильные дороги и сооружения на них, транспортные средства. Каждая составляющая оказывает присущее ей локальное негативное воздействие на окружающую среду, однако в целом влияние инфраструктуры носит не только региональный, но и глобальный характер.

Транспортные магистрали как инженерное сооружение нарушают природные ландшафты, изменяют режим стока поверхностных и грунтовых вод. При пересечении речных долин на подходах к искусственным сооружениям изменяется средняя скорость преобладающих ветров, что приводит к изменению микроклимата и взаимосвязанных с ним явлений во флоре и фауне. Дорога может нарушить традиционные сезонные пути миграции животных и насекомых. Стремление дорожников к снижению затрат за счет применения в строительстве конструктивных слоев из местных некондиционных материалов и отходов промышленного производства не всегда оправдано, так как пиритовые огарки, ртутьсодержащие отходы, каменноугольные дегти, смолы и пески, кумароновые смолы, радиоактивные породы, разнообразные шламы цветной металлургии способны загрязнять придорожную полосу токсичными веществами.

С началом ввода дороги в эксплуатацию происходит миграция химических веществ из дорожных вяжущих материалов за счет:

- 1) перемещения частиц и их перемешивания в приземных слоях воздуха в результате износа и механического повреждения дорожных покрытий;
- 2) диффузии с поверхности полотна дороги.

Известно токсическое свойство каменноугольных смол, которые при контакте с кожным покровом человека вызывают поражение фолликулярного аппарата, фотодерматиты, а также, проникая через кожу — патологические изменения печени, почек, селезенки. Явления кожно-резорбтивного действия этих смол могут проявляться не только при непосредственном контакте с ними, но и путем резорбции их паров через кожу из воздуха. Длительное вдыхание цементной пыли с большим содержанием диоксида кремния ведет к развитию фиброзного процесса в легких.

В продуктах пиролиза каменного угля содержится бенз(о)пирен, который в результате износа дорожного покрытия может поступать в атмосферный воздух придорожной полосы с дорожной пылью.

Продукты износа железнодорожных колес, рельс, автомобильных покрышек, тормозных накладок автомобилей и покрытия автомобильной дороги, просыпанная и раздробленная колесами часть перевозимых по дороге грузов, противогололедные материалы турбулентным потоком воздуха распыляются в атмосферу, системой водоотводных сооружений переносятся в водоемы с аккумуляцией их в донном иле и последующим отравлением живых организмов.

Кроме того, при сложившейся инфраструктуре, характере расселения людей прокладка новой дороги вносит порой довольно значительные социальные изменения, положительные для пользователей транспортом и отрицательные для населения мест, через которые проходит транзитное движение. Уже сегодня строительство новых дорог вызывает обоснованные протесты местного населения и общественных организаций.

В зависимости от состава и интенсивности движения происходит бытовое загрязнение почвы, растений придорожной полосы, водоемов.

Инженерные сооружения, к числу которых относятся мостовые переходы, трубы, развязки, тоннели различного заложения, подпорные стенки и защитные сооружения имеют свою специфику влияния на окружающую среду. При строительстве мостовых переходов происходит переформирование береговой линии, изменение сечения водотока и контуров водоема, при этом нарушается гидрологический режим, проявляются размывы и потеря общей устойчивости массива, одновременно зачастую возникает необходимость охраны рыбных запасов, так как могут быть уничтожены нерестилища и зимовальные ямы, в которые ежегодно устремляются косяки рыбы.

Значительный вред окружающей среде, почвам и растительности оказывают отходящие газы (ОГ) автомобилей, в которых содержатся

более 200 токсичных веществ, в том числе оксид углерода, диоксида азота и серы, сажа, альдегиды, соединения свинца и другие тяжелые металлы.

Даже минимальное количество этих веществ может сильно изменить качество воды и привести к тяжелым последствиям для живых организмов. Пленка из углеводов на поверхности воды затрудняет процессы окисления, что также отрицательно влияет на живые организмы.

Загрязняющие вещества, попадая в воду, ведут себя по-разному. Одни растворяются или переносятся за счет движения водного потока, другие адсорбируются на взвешенных частицах и оседают на дно, третьи могут вовлекаться в биологические циклы и переноситься различными организмами.

Придонный осадок и поверхностная пленка являются зонами концентраций и аккумуляции загрязняющих веществ, поступающих в водоемы из системы продольного и поперечного водоотвода, а также из дренажных систем автомобильных дорог и через водосбросные трубки мостов; часть их попадает из воздуха с атмосферными осадками.

Существенный ущерб биосфере, в том числе и сельскому хозяйству, наносит эрозия почвы. Массовые потери грунта с обнаженных, лишенных растительности поверхностей стали распространенным явлением. Крупные частицы смытого грунта откладываются в виде конусов у подошвы откосов, а пылеватые и глинистые частицы на большой территории загрязняют окружающие земли и водоемы. Особенно велик ущерб при смыве и загрязнении плодородной почвы. С неукрепленного откоса смыв происходит в 1000 раз интенсивнее, чем после образования дернины. Эрозия усиливается с увеличением крутизны и протяженности откосов. Установлено, что при заложении откосов 1:2 смыв пылеватого суглинка при коэффициенте уплотнения грунтов земполотна 0,7 в два раза больше, чем при коэффициенте 0,95, а при крутизне откоса 1:1 — в три раза. Противоэрозионные мероприятия выполняются обычно при строительстве и ремонте дорог высоких категорий. На дорогах местной сети укрепление откосов, устройство быстротокков, рассеивающих трамплинов и гасителей водной энергии не считаются обязательными, что неизбежно оборачивается ущербом и для окружающих земель, и для конструктивных элементов самой дороги. Страдает растительность в тех местах, куда во время дождя ручьи сносят грязь с мест стоянки автомобилей.

Закладка грунтовых резервов и карьеров дорожно-строительных материалов на затопляемых поймах рек, разработка грунтов средствами гидромеханизации также отрицательно сказываются на состоянии водоемов, при этом взмучивается вода, разрушаются нерестилища и зимовальные ямы, не исключается возможность засасывания рыбы вместе с пульпой. Рыбы отрицательно реагируют на изменение скорости течения воды в результате стеснения русла и химического состава воды.

Повышение уровня воды в верхнем бьефе моста при проходе паводков может вызвать подтопление населенных пунктов, предприятий и сельскохозяйственных угодий.

Основными источниками загрязнения стока транспортом являются:

- износ и разрушение покрытий;
- ветровые и водные наносы грунтовых частиц (пыль);
- твердые частицы — продукты сгорания топлива в двигателях (соединения свинца, других тяжелых металлов, сажа);
- потеря транспортом топлива, смазки;
- частицы износа лесных пар железнодорожного транспорта, автомобильных шин;
- бытовой и технический мусор;
- антигололедные материалы;
- пропитка шпал.

В первые 2–3 года эксплуатации износ происходит главным образом вследствие истирания, по мере старения – вследствие выкрашивания, возрастающего на асфальтобетонных покрытиях до максимума после 6–7 лет эксплуатации.

Ветровые наносы минеральных частиц пылеватых фракций в условиях отсутствия смыва с обочин и откосов, а также наносов с других дорог составляет в среднем 3 т/га в год.

Большое негативное влияние на автомобильные дороги оказывает загрязнение нефтепродуктами. По данным И.Л. Орнатского, для дорог с интенсивностью движения, эквивалентной I категории, среднее загрязнение выбросами топлива, смазки, другими нефтепродуктами, включая потери различных грузов, составляет в среднем 0,25 т/га в год. В их состав входит до 0,5% ароматических углеводородов.

Автотранспортные тепловые и газообразные выбросы существенно изменяют качественный и количественный составы атмосферного воздуха, его энтропию, что влечет за собой ухудшение микроклимата в придорожной полосе. В связи с этим в крупных

населенных пунктах микроклиматические изменения характеризуются увеличением температуры воздуха на несколько градусов, снижением ультрафиолетовой радиации до 30%, уменьшением видимости, увеличением облачности и осадков, изменением циркуляции воздуха.

Человечество знакомо с различными звуками с момента своего зарождения. Естественно существующие в природе звуки в виде шума набегающей морской волны, ручья, листвы деревьев, звона капель дождя, мелодичного пения птиц благоприятно воздействуют на организм человека. В то же время резкие внезапные звуки (взрыв вулканов, звуковой удар в момент перехода самолета на сверхзвуковую скорость, карканье ворон и др.) вызывают чувство дискомфорта, тревоги.

Наблюдающаяся в настоящее время тенденция к повышению грузоподъемности и вместимости транспортных средств фактически определяет рост уровня транспортного шума в придорожной полосе. Создаваемый транспортом акустический дискомфорт испытывает до 40% городского населения страны.

Полностью избавиться от источников шума на транспорте в настоящее время не представляется возможным.

Уникальная способность человеческого организма приспосабливаться к изменениям окружающей среды общеизвестна, однако и она имеет свои пределы, поэтому можно предположить, что накопление малозаметных изменений в организме человека под воздействием транспортного шума может оказать отрицательное влияние на будущие поколения.

Воздействие шума на население проявляется в виде как субъективного раздражения, так и объективных патологических изменений органов слуха, центральной нервной и сердечно-сосудистой систем.

Австрийский ученый Гриффит своими исследованиями доказал, что шум становится причиной преждевременного старения в 30 случаях из 100 и сокращает продолжительность жизни людей в крупных современных городах на 8–12 лет. Акустический дискомфорт, вызывая и стимулируя известные заболевания и снижение производительности труда, неизбежно ведет к экономическим потерям.

Более всего человек страдает от инфразвуковых колебаний частотой около 7 Гц, которые ухом не воспринимаются, поэтому они не слышны и человек не может адекватно на них реагировать.

Необходимость нормирования уровня шума с целью устранения его негативного воздействия на здоровье населения диктуется

многообразием факторов его формирования в придорожной полосе. На основании проведенных во многих странах исследований установлено, что в дневное время при уровнях звука менее 55 дБА на территориях, прилегающих к жилой застройке, большинство населения не будет испытывать значительных неудобств.

Звуковое поле транспортного потока представляет собой сложную комбинацию не постоянных во времени и пространстве источников шума. В отличие от сферического характера распространения звуковых волн от единичного автомобиля транспортный поток на автомагистрали является линейным источником шума. Вдоль магистрали при интенсивном движении создается цилиндрическая волна. Переход к цилиндрическому характеру распространения звуковых волн обусловлен взаимным влиянием шумов отдельных автомобилей на формирование общего уровня за счет энергетического сложения и увеличении фронта сферических волн, следующих одна за другой.

Общий уровень транспортного шума на селитебной территории, прилегающей к автомобильной дороге, зависит от целого ряда факторов. Наибольшее влияние на состояние акустического комфорта оказывают транспортные факторы, к которым следует отнести:

- а) интенсивность движения и скорость транспортного потока;
- б) средняя скорость движения транспорта;
- в) эксплуатационное состояние автомобилей, перемещающихся по дороге;
- г) объем и характер перевозимых грузов;
- д) подача звуковых сигналов.

К настоящему времени в ряде районов центра России, Урала на долю автомобильно-дорожного комплекса приходится почти 67% от общих загрязнителей атмосферы.

Взаимодействие автомобильного транспорта и всей дорожной сети с окружающей природной средой является в настоящее время одной из составных частей мировой экологической проблемы. Глобальный экологический кризис привел к признанию «пределов роста» в различных сферах. Особенно остро и быстро эта проблема встает при сооружении автомагистралей и дорог высоких категорий.

7.2. Инженерно-биологические работы в зоне железных дорог

Постройке железных дорог предшествуют изыскания и проектирование. Целью изыскания является изучение условий эксплуата-

тации железной дороги, сбор и подготовка необходимых материалов для проектирования. Основная задача проектирования заключается в разработке наиболее рационального проекта новой железной дороги.

Бесперебойная работа железнодорожного транспорта в зимних условиях в значительной степени зависит от надежной защиты путей от снега, а также от своевременной очистки их от снега во время снегопадов и метелей. Степень заноса путей снегом, определяемая количеством снега в м^3 , приносимого к пути в наиболее неблагоприятную зиму на 1 м его протяжения. Этот показатель зависит от интенсивности и количества выпадающего снега, числа метелевых дней в году, скорости и направления ветра, а также от рельефа местности, плана и профиля пути.

Средства и способы защиты определяются в зависимости от степени заноса. Так, в особо сильнозаносимых местах следует создавать полосные лесонасаждения по специальным проектам, два ряда заборов высотой до 6,2 м с расстоянием 80–120 м между ними, заборы и щитовая линия, многорядные щитовые линии. Наиболее экономичным, долговечным и надежным видом защиты от снега являются естественные леса или защитные лесонасаждения, создаваемые на всем протяжении заносимых участков. Породы деревьев и кустарников подбираются с учетом почв, климата, силы ветров. В местах, где лесонасаждений нет или где они не произрастают, а также в стесненных условиях (в черте населенных пунктов) путь ограждают постоянными деревянными или железобетонными заборами высотой от 4 до 7 м или переносными деревянными щитами.

На железнодорожных линиях, проходящих через районы песчаных или полупесчаных пустынь, борьба с песчаными заносами ведется закреплением песков растительностью или покрытием битумной эмульсией, суглинками, глинистой суспензией с полимерами, а также устройством искусственной защиты в виде различных преград. К ним относятся невысокие сплошные заборы или решетчатые ограждения из досок, камыша и ветвей кустарника, устанавливаемых вдоль пути в один или несколько рядов. Наиболее эффективный метод борьбы с песчаными заносами является закрепление песков растительностью: древесной (саксаул, черкез, песчаная акация, лох и др.), кустарниковой (джузгун, селюга, гребенщик) или травянистой (елякилад, селин, песчаный овес, песколюб, чагер и др.). Искусственная защита путей от песчаных заносов применяется как временная мера, так как она недостаточно эффективна.

Для предохранения железнодорожного пути от размыва во время ледохода, весенних и ливневых паводков предусматривается комплекс специальных защитных мероприятий: при весенних водах — создание нагорных и водоотводных канав, кюветов при появлении первых признаков таяния снега, очистки от снега и льда с трозированных и опасных участков. Во избежание повреждения мостов льдом до начала ледохода откалывают лед около свай и опор мостов и вокруг ледорезов.

Защитные насаждения на транспортных путях создаются преимущественно в виде лесных полос, которые играют многообразную роль. Они защищают пути транспорта от снежных и песчаных заносов, обеспечивая бесперебойное движение поездов и автотранспорта. Значительно снижая скорость ветра, лесные полосы предохраняют средства связи от повреждения, а железнодорожные пути от выдувания балласта. Лесные насаждения защищают дороги от размыва, разрушения волнобоем, оползнями, обвалами и осыпями. Кроме того, они имеют большое эстетическое и санитарно-гигиеническое значение, улучшают микроклимат и повышают урожайность сельскохозяйственных культур на прилегающих полях. Но среди многочисленных функций лесных полос главной является снегозадерживающая.

Степень снегозаноса и средства снегозащиты. На железнодорожных магистралях снегозаносимыми являются выемки глубиной до 8,5 м (в районах с сильной снегозаносимостью — выемки любой глубины); нулевые места; насыпи высотой до 0,7 м в равнинных условиях и до 1 м на косогорах и сильно заносимых участках; станционные территории. Другие участки путей считаются неснегозаносимыми. В многолесных районах железнодорожные пути на всем протяжении относятся к неснегозаносимым.

В соответствии с действующей классификацией участки железных дорог по степени снегозаносимости подразделяют на 4 группы: слабо-снегозаносимые — с количеством приносимого снега до 100 м³/м пог. дл., среднеснегозаносимые — 101–250, сильноснегозаносимые — 251–400, особо сильноснегозаносимые — 401 и более м³/м пог. дл. По принадлежности участков к одной из групп устанавливают очередность проведения на них работ по снегозадержанию. Наиболее подвержены заносу снегом пути, расположенные в выемках глубиной до 8,5 м, здесь работы проводятся в первую очередь. Во вторую очередь снегозадержание осуществляется на участках железных дорог с нулевыми местами, в третью — вдоль насыпей. Степень снегозаносимости участка определяет ширину и конструкцию лесных полос.

Борьба со снежными заносами на транспортных путях ведется в прилегающей полосе отвода. Для снегозадержания применяют защитные насаждения разных конструкций и механические защиты — щиты и постоянные заборы. Щиты размером 2×2 м изготавливают из досочек шириной 85–110 мм с просветами, последние занимают 43% общей площади щита. В результате ослабления скорости ветра в щитовой защите откладывается снег. При заносе щитов снегом до 2/3 высоты их переставляют на вершину сугроба. Без перестановки щиты задерживают около 30 м³/м пог. дл. снега. В отдельные годы на сильносногезаносимых участках производится до 10–12 перестановок щитов, что представляет немалую трудность. Кроме того, щиты задерживают всего 65–70% переносимого снега, они имеют небольшой срок службы (8–10 лет), ежегодно до 25% щитов нуждаются в ремонте. Перечисленные недостатки значительно ограничивают возможность использования щитовых защит. Щиты применяются обычно на участках дорог, где трудно вырастить лесные насаждения.

На пристанционных участках, как правило, устраивают постоянные заборы, сплошные или решетчатые, высотой до 6–7 м. Один метр погонной длины забора удерживает до 700 м³ снега. Для устройства таких заборов требуется большое количество пиломатериалов, они дорого стоят и применяются в исключительных случаях.

Наиболее эффективна живая снегозащита. Впервые снегозадерживающие лесные полосы в виде двухрядных живых изгородей из ели были посажены в 1861 г. на бывшей Московско-Нижегородской железной дороге. Вскоре этот опыт был использован на других дорогах. Снегозадерживающие насаждения могут быть, однополосными, двухполосными, трехполосными и многополосными. Однополосные защиты подразделяются на узкие и широкие. Многополосные защиты также могут состоять из узких и более широких лесных полос.

Живые изгороди относятся к узким однополосным насаждениям. Они выращиваются из двух или четырех рядов ели. Четырехрядные посадки производятся двумя двухрядными лентами, расстояние между которыми принимается 6–10 м, а между рядами — 0,8–0,7 м. Крайний путевой ряд размещается на расстоянии 18–30 м от полотна железной дороги. За изгородью производится уход: крону ели подстригают по специальному шаблону, у которого углы наклона боковых стенок равняются 70°, при этом создается благоприятный световой режим для всех частей кроны, нижние сучья не отмирают. Плотные еловые изгороди при регулярном уходе надежно

защищают железные дороги от снежных заносов. Снежный вал откладывается перед изгородью, в разрыве между лентами и частично за изгородью в резервной зоне, где скорость ветра снижается до 5–10% от скорости ветра в открытом поле.

Однако еловые живые изгороди имеют существенные недостатки: они медленно растут и начинают оказывать снегозадерживающее влияние только с 10–12 лет; кроме того, ель не возобновляется порослью; для поддержания изгороди в плотном состоянии требуется систематическая, трудоемкая стрижка ели, выполнить которую на больших площадях практически невозможно; ремонт изгороди в местах отпада ели требует больших затрат труда и средств; живые изгороди задерживают сравнительно небольшое количество снега и в многоснежных районах с частыми метелями малоэффективны.

Для устранения отмеченных недостатков еловых изгородей в северных районах европейской части СССР долгое время создавались хвойно-лиственные лесные полосы шириной 10–20 м по схеме (ряды со стороны поля): ель – ель – кустарник – кустарник – кустарник – главная порода – главная порода – кустарник – главная порода – кустарник – главная порода – кустарник – кустарник. Размещение посадочных мест в еловой изгороди принималось 1,0×0,5 м, в остальной части полосы – 1,0×1,0 м. В качестве главных пород использовались береза, лиственница, тополь, в кустарниковых рядах высаживались акация желтая, жимолость обыкновенная и др., в опушечных рядах – декоративные кустарники. Стрижка еловой изгороди производилась только до смыкания крон.

Существенным недостатком хвойно-лиственных полос оказалась их большая густота и значительное количество кустарников под пологом насаждения.

Первые снегозадерживающие лесные полосы из лиственных пород были заложены под руководством Н.К. Срединского в 1877 г. на бывшей Курско-Харьковско-Азовской железной дороге. Лесные полосы создавались на узкой полосе отчуждения из 7–9 рядов деревьев и кустарников. Узкие полосы не обеспечивали защиты железных дорог от снежных заносов, в большинстве случаев даже способствовали большему снегонакоплению, и их начали вырубать.

В конце 1960-х гг. сотрудники лаборатории защитных лесонасаждений ЦНИИ МПС под руководством Н.Т. Макарычева разработали схемы смешения и размещения снегозадерживающих лесных полос. Для повышения эффективности насаждений устойчивости их к неблагоприятным природным явлениям предложено отдельные лесные полосы создавать более узкими, увеличить шири-

ну междурядий до 3 м и ширину интервалов между полосами в насаждениях двух-, трех- и многополосной структуры, вывести кустарник из-под полога лесных полос в опушечные ряды.

Ширина снегозадерживающих лесных полос для всех районов устанавливается в зависимости от степени снегозанося отдельных участков железных дорог по формуле, которая использовалась также при расчетах ширины полос старой системы:

$$B = \frac{S}{h_p} \quad (32)$$

где B — ширина земельного отвода для создания снегозадерживающих полос, м; S — площадь поперечного сечения снегоприноса, м^2 ; h_p — расчетная высота отложения снега внутри насаждения, м.

Площадь поперечного сечения снегоприноса определяется экспериментально за ряд зим или путем расчета годового объема приносимого к пути снега с вероятностью превышения 7–10% по методике Д.М. Мельника (Указания по изысканию и проектированию защитных лесонасаждений вдоль линий железных дорог СССР, 1974). Расчетная высота отложения снега в насаждении (рабочая высота) принимается 2 м на каштановых почвах и не более 3 м в лучших условиях.

Конструкция снегозадерживающих лесных полос в целом плотная, однако отдельные ее части имеют различную степень ветропроницаемости. Полевые опушки создают с высокой ветропроницаемостью, а путевые — более плотными. В многополосных насаждениях плотность отдельных полос должна возрастать в направлении от поля к полотну железной дороги.

При ширине земельного отвода до 35 м севернее подзоны южных черноземов и до 25 м южнее этой границы эффективны однополосные насаждения. Двухполосные снегозадерживающие лесные насаждения выращивают при ширине отвода от 25–30 до 90 м, трехполосные — при 90–150 м, многополосные — при ширине земельного отвода более 150 м.

Для увеличения снегопоглощающей способности лесных полос рекомендуется следующая ширина разрывов между отдельными полосами: в двухполосных насаждениях — до 50 м; в трехполосных — первый со стороны поля интервал имеет ширину 50–60 м, — второй — 30–50 м; в многополосных насаждениях первый интервал — 60–70 м, второй — 30–50 м, остальные — 20–25 м. В интервалах высевают сельскохозяйственные культуры.

Опушечный путевой ряд лесных полос должен располагаться на расстоянии не менее 15 м от оси крайнего пути на насыпях

высотой до 1 м и нулевых местах. На линиях первой категории это расстояние увеличивается до 20 м. Расстояние между бровкой откоса выемок и путевой лесной полосой должно быть не менее 5 м.

Ассортимент и схемы смещения пород при выращивании снегозадерживающих лесных полос используются с учетом лесорастительных условий. С этой целью в пределах растительных зон вдоль железных дорог выделено 35 лесомелиоративных районов, для каждого из которых рекомендуются главные, сопутствующие породы и кустарники.

Для снегозадерживающих насаждений, в первую очередь, следует использовать породы, наиболее устойчивые к снеголому: ели, дубы, ильмовые, ясени, березы, лиственницы, гледичию, акацию белую, клен остролистный, акацию желтую, жимолость татарскую. Путевая опушка создается из разных декоративных пород: груши, яблони, рябины, черемухи, сирени, чубушника и др.

Установлено, что снеголому не подвергаются бескустарниковые лесные полосы шириной 18 м, полосы с двумя рядами кустарников на заветренной опушке — шириной до 16 м или с одним рядом кустарника со стороны поля при условии его ежегодной стрижки — шириной до 10 м. Двусторонние кустарниковые опушки предусматриваются только в тех условиях, где не могут произрастать породы, хорошо оттеняющие почву. В этих случаях ширина каждой полосы не должна превышать 10–12 м. С учетом указанных закономерностей производится и смещение древесных пород с кустарниками, которые в лесных полосах представлены не отдельными рядами, а кулисами.

Хорошая продуваемость полевых опушек и кулисы кустарников из двух рядов на заветренной путевой опушке при наличии широких разрывов между отдельными кулисами обеспечивают отложение снега преимущественно в межполосном интервале. Полевая кулиса из древесных пород попадает в наветренную часть снежного вала с более плотным слоем снега и поэтому менее опасную в отношении снеголома. В полосах подобной конструкции, гребень сугроба поднимается до более ветропроницаемой части полосы и после этого начинает продвигаться в сторону пути. Благодаря такому характеру снегоотложения снеголом в полосах нового строения в 3–5 раз меньше, чем в полосах старой конструкции, созданных по древесно-кустарниковым циклическим схемам смещения.

Там, где есть опасность выхода на железнодорожные пути скота, следует в каждом насаждении создавать живую изгородь из колючих пород. Живая изгородь из древесных пород размещается на

полевых опушках, а кустарниковые живые изгороди — с заветренной стороны любой из полос, следующих за полевой, или на наветренной опушке путевой полосы. В однополосных насаждениях живая изгородь создается со стороны поля.

В лесной, лесостепной и степной зонах лесные полосы рекомендуется выращивать с шириной междурядий 3 м, в условиях сухой степи — 3,5–4 м, в полупустынных районах — 4–5 м. Расстояние в рядах между растениями в зависимости от размеров посадочного материала и характера условий принимается от 0,7–1,0 до 1,5 м. Большая ширина междурядий в засушливых районах необходима для увеличения площади питания каждого дерева, что повышает устойчивость насаждений даже в самых неблагоприятных почвенно-грунтовых условиях.

Узкие живые изгороди для снегозадержания применяются сравнительно редко. При степени снегозаноса до 50 м³/м пог. дл. создают одну двухрядную изгородь с расстоянием между рядами 1,5–3 м и в рядах — 0,7 м. Двухленточные четырехрядные еловые изгороди при ширине разрыва между лентами до 30 м и высоте растений 4 м задерживают до 200 м³ снега на 1 м пог. дл., и их применяют на слабо- и среднеснегозаносимых участках железных дорог.

В степных и лесостепных районах на слабоснегозаносимых участках железных дорог с плохими лесорастительными условиями применяются узкие живые изгороди. Для их посадки здесь используют лох узколистный, акацию желтую, скумпию, жимолость татарскую, вяз мелколистный и другие лиственные породы, устойчивые к снеголому.

Особенности агротехники при выращивании снегозадерживающих лесных полос те же, что и при полезащитном лесоразведении с учетом почвенно-климатических условий. Широкие междурядья делают возможной комплексную механизацию лесокультурных работ. Наряду с последними формированию устойчивых насаждений способствуют рубки ухода, необходимые, прежде всего, для восстановления снегозадерживающей способности лесных полос после снеголома. Текущие рубки ухода в молодых культурах предусматривают посадку на пень слабоветвящихся кустарников и в отдельных случаях вырубку второстепенных древесных пород, угнетающих главную породу.

Восстановительные рубки осуществляют в несколько приемов. Вначале обычно вырубает опушечные ряды, а затем проводят рубки внутри полосы. При такой системе ухода лесные полосы не теряют своей работоспособности и основных защитных функций.

Ветроослабляющие лесные полосы создаются на незаносимых снегом ветроударных участках железных дорог. Они служат для защиты транспортных путей от выдувания балласта, ослабления вредного действия ветров на поезда, линии связи и другие устройства, а также для предотвращения ветровой эрозии.

В районах с неустойчивым снежным покровом и слабыми метелями (снегопринос до $50 \text{ м}^3/\text{м}$ пог. дл. пути) выращивают ветроослабляющие полосы шириной 15–20 м. На участках с выраженной метелевой деятельностью эти полосы создают по принципу снегозадерживающих насаждений.

Узкие 15–20-метровые лесные полосы необходимо размещать на расстоянии 100–150 м от земляного полотна. В случае их близкого расположения между ними образуется искусственная выемка и становится возможным занос путей снегом. Узкие ветроослабляющие лесные полосы выращивают по схемам полезащитных полос с участием декоративных древесных пород и кустарников.

Пескозащитные насаждения закрепляют подвижные пески в зоне отвода и аккумулируют песчаные частицы, приносимые к транспортным путям.

Для защиты железных дорог от песчаных заносов ширина полосы земельного отвода с каждой стороны пути должна быть 300 м на заросших и 500 м на слабозаросших подвижных песках в европейской части России и соответственно 500 и 2000 м в пустынных районах Средней Азии и Казахстана. Часть ближайшей к пути полосы отвода шириной 100–300 м используется под лесные насаждения, а остальная часть является охранной зоной, где запрещается выпас скота и проведение мероприятий, связанных с нарушением почвенного покрова. Выращивание лесных насаждений в зоне отвода осуществляется с учетом рекомендаций по закреплению и облесению песков в конкретных лесорастительных условиях.

Оградительные насаждения выращивают с целью предупреждения выхода скота на железнодорожные пути и обеспечения безопасности движения.

Для оградительных насаждений специального отвода земель не предусмотрено, они создаются в пределах существующей полосы отвода и размещаются вдоль ее границы так, чтобы не вызвать заноса пути снегам.

В районах с неустойчивым снежным покровом, при наличии естественных лесов и других препятствий, оградительные насаждения выращивают на любом расстоянии от дороги, но не ближе 10 м. На участках железных дорог с открытой снегосборной площадью

они должны размещаться на расстоянии 10 м от пути при высоте насыпи не менее 2 м и на расстоянии 30–50 м при меньшей ее высоте. Оградительные насаждения представляют собой живые изгороди из ели или лиственных пород. За ними ежегодно проводится уход — стрижка на высоте 1,5 м.

С целью благоустройства и декоративного оформления территорий станций, отдельных службных зданий и прилегающих к ним населенных пунктов вдоль транспортных магистралей выращивают озеленительные насаждения, которые выполняют также санитарно-гигиеническую роль.

7.3. Инженерно-биологические работы в зоне автомобильных дорог

Аналогично световым лучам звуковые волны можно экранировать, фокусировать и направлять в определенную сторону. Снижение уровня транспортного шума на пути его распространения от трассы автомобильной дороги до селитебной зоны можно получить различными средствами. При выборе средств защиты необходимо рассмотреть следующие условия:

- 1) эффективность действия;
- 2) стоимость реализации;
- 3) занимаемая площадь;
- 4) соответствие ландшафту;
- 5) эстетическое восприятие;
- 6) долговечность;
- 7) трудоемкость строительства;
- 8) дефицитность материалов;
- 9) сложность эксплуатации;
- 10) продолжительность периода от строительства до эксплуатации защитных средств.

Недостатки в организации дорожного движения могут повысить величину акустического дискомфорта до неприемлемых значений. Такая ситуация складывается в результате несоответствия сформировавшейся сети автомобильных дорог возросшей интенсивности движения, несвоевременного ямочного ремонта и заливки швов; появления разрушений и деформаций на поверхности покрытия. Подача звуковых сигналов и появление на дороге автомобилей с неисправными кузовами и двигателями также увеличивают шумовое загрязнение придорожной полосы.

На величину акустического дискомфорта влияют, кроме того, пространственная и временная неравномерность загрузки участка дороги транспортом, неоднородность состава транспортного потока, задержки на пересечениях и примыканиях в одном уровне. Поэтому рациональная организация дорожного движения на эксплуатируемых участках дороги является достаточно эффективной мерой снижения уровня шума на селитебной территории в зоне влияния дорог.

Наибольшей эффективностью обладают мероприятия по ограничению доли грузового транспорта в потоке, интенсивности и скорости движения, а также запрет на проезд большегрузных транспортных средств в ночное время, строительство объездных дорог.

При проектировании плана трассы в шумозащитных целях следует использовать естественные элементы рельефа — водоемы, лесные массивы, складки местности. Достаточно высокая эффективность водоемов и лесных массивов в теплый период года обусловлена восходящими воздушными потоками, которые изгибают звуковые волны кверху и тем самым ослабляют распространение шума. В дневное время температура понижается с высотой, поэтому происходит рефракция звука вверх и, наоборот, ночью при тихой погоде звуковые лучи «прижимаются» к земле.

При разработке генеральных планов развития населенных пунктов в зоне влияния автомобильных дорог следует предусматривать увеличение буферных площадей до зданий; отделение селитебной территории от дороги зданиями другого функционального назначения (склады, гаражи, бани, депо, магазины и т.д.) или поясом зеленых насаждений; создание вдоль будущих дорог экрана из высотных зданий с усиленной звукоизоляцией и размещение в нижних этажах административно-производственных организаций и учреждений.

В зависимости от типа экранирующие сооружения могут быть естественными или искусственными. К естественным относятся различные складки рельефа: горы, холмы, водоразделы, склоны оврагов, балок, тальвегов.

В отдельных случаях может быть сформирован искусственный или техногенный рельеф с заранее заданными геометрическими параметрами, который предусматривает многоцелевое использование. Кроме шумозащитных функций, в районах с резкими холодными ветрами или с пыльными бурями искусственный рельеф улучшает микроклиматические характеристики территории. Для оценки воздействия преобладающих ветров и транспортного шума на

микроклимат территории обычно составляется карта акустического загрязнения и аэрационного режима. В соответствии с ней назначаются места расположения шумо- и ветрозащитных грунтовых холмов, валов.

Необходимо отметить особую роль искусственного рельефа в создании разнообразного ландшафта в парках и зонах отдыха на равнинной местности степной зоны. Живописность техногенного рельефа является неперенным условием формирования валов, холмов независимо от выполняемых ими функций.

К искусственному типу экранирующих сооружений относятся здания нежилого назначения, расположенные вблизи дороги, экраны-стенки, выемки, грунтовые валы, различные инженерно-биологические сооружения. Высокие шумозащитные свойства специальных экранирующих устройств позволяют использовать их на небольших территориях. Широкое применение сдерживается значительными затратами на их сооружение. С точки зрения экономики и архитектуры шумозащитные экраны оправданы в случаях, когда требуется снизить уровень шума на 6 дБА и более. Комбинированные экранирующие сооружения состоят из двух и более конструктивных элементов. Кроме шумозащитных они могут выполнять и другие функции: озеленения, благоустройства, хранения товаров, стоянки автомобилей, прокладки коллекторов инженерных коммуникаций.

Экраны являются одним из наиболее эффективных средств снижения уровня транспортного шума в селитебной части придорожной полосы. Понятие «экран» принято относить к любым препятствиям на пути распространения шума. Акустическая эффективность шумозащитного экрана зависит от его геометрических параметров и звукоизоляционных качеств. Однако снижение уровня шума, обеспечиваемое экраном на селитебной территории и внутри зданий, зависит не только от акустической эффективности, но и от расстояния между экраном и дорогой, расстояния между экраном и защищаемым объектом, высоты расчетных точек на местности и в помещениях, а также от акустических свойств территории. С учетом особенностей шумозащитных качеств экранов наиболее перспективными следует считать конструкции из унифицированных элементов, позволяющих варьировать геометрические размеры, а при необходимости форму и конструкцию экранов для обеспечения требуемого уровня акустического комфорта. Для обеспечения эффективного экранирования объекты защиты должны находиться ниже границы звуковой тени, т.е. продолжения прямой

линии, соединяющей акустический центр источника шума с вершиной экрана. Снижение шума экранами, имеющими достаточную протяженность на высоте 1,5 м от поверхности земли на селитебной территории обеспечивается при расположении их на расстоянии 3 м от кромки проезжей части.

Чтобы шумозащитные экраны не были элементами повышенной опасности при наезде на них автомобилей, их можно выполнять в комбинации с защитными ограждениями любого типа. Ограждения устанавливаются на расстоянии не менее 0,5 м от бровки земельной полотна и не менее 1,0 м от кромки проезжей части. Расстояние между элементами ограждений и экраном должно превышать величину возможной деформации при наезде автомобиля с расчетной скоростью, но не менее 2 м при скорости 90 км/ч. Конструкция экранов должна предусматривать их устойчивость при воздействии ветровых, снеговых и сейсмических нагрузок. Все элементы конструкции должны быть изготовлены из материалов долговечных, стойких к воздействию не только природно-климатических факторов, но и компонентов топлива, масел, выхлопных газов, антигололедных реагентов.

Для обеспечения акустически непроницаемой преграды на пути распространения транспортного шума все элементы экрана монтажных соединений должны плотно примыкать друг к другу. В местах расположения автопавильонов и остановок пассажирского общественного транспорта необходимо предусматривать совмещение автопавильона с экраном. Минимально необходимое взаимное перекрытие экранов должно быть более двух ширин прохода. При расстояниях до жилой застройки менее 100 м и отсутствии местных проездов экраны должны иметь легкоъемные элементы или разрывы для возможного проезда пожарных машин и «скорой помощи». Требуемая звукоизоляция экрана зависит от необходимой величины снижения уровня шума и определяется ее поверхностной плотностью. При проектировании необходимо учитывать, что расположение их только с одной стороны дороги вызывает некоторое повышение уровня шума на противоположной стороне за счет отраженных от экрана звуковых волн. Для повышения эффективности экранов целесообразно предусматривать облицовку их поверхности, обращенной к транспортному потоку, звукопоглощающими материалами. Эти материалы должны быть стойкими по отношению к природно-климатическим факторам в течение всего периода эксплуатации, непригодными в пищу грызунам и термитам, безвредными для окружающей среды. На величину снижения

уровня шума оказывает влияние поперечный профиль экрана; наиболее предпочтительным является экран Г-образного сечения с оптимальной шириной верхней полки, равной 0,6 м. Наклон экрана в сторону дороги не повышает его шумозащитную эффективность, однако имеет смысл устанавливать экраны с наклоном в противоположную сторону, так как в этом случае отраженные звуковые лучи в меньшей степени попадают в салоны транспортных средств и в защищаемые объекты.

Обычно экраны монтируются в виде стен с несущими опорами или со свободным опиранием на ленточный фундамент, однако они могут быть комбинированными. В этом случае экраны собираются из железобетонных элементов в виде трапециевидальной конструкции с уступами в поперечном сечении. Уступы заполняются растительным грунтом и в них высаживаются ампельные растения, — во всех случаях нужно стремиться к созданию иллюзий о природном происхождении шумозащитных экранов. Это достигается правильным выбором форм экрана и отделки поверхности его элементов, а также маскировкой их вьющейся зеленью и кустарниками. Начало и конец экрана должны быть выполнены в виде естественного перехода от поверхности земли к верхней точке экрана. Линия верха экрана должна иметь плавные очертания в продольном профиле, а в плане отдельные участки экрана должны иметь сопряжения в виде кривых больших радиусов. В месте их сопряжения, в образовавшихся карманах, следует высаживать смешанные группы крупномерных деревьев-саженцев. Видовой состав деревьев должен предусматривать обеспечение контрастности в любое время года и в любую погоду. Зимой на снежном фоне приятное впечатление проезжающих по дороге вызывают зелень хвойных деревьев и четкая графика ветвей лиственных пород на сером фоне неба; весной — цветущие породы деревьев и их яркая зелень на фоне ярко-голубого неба создают приподнятое настроение и т.д. Окраска экранов в цвета, преобладающие в природе, позволяет улучшить их внешний вид, уменьшить впечатление монотонности при значительном протяжении экрана. Нежелательно окрашивать бетонные экраны-стенки, лучший эстетический эффект достигается при введении красителя непосредственно в бетонную смесь при ее приготовлении.

Минимальная высота шумозащитных экранов — 1 м, максимальная, с точки зрения лучшего вписывания в ландшафт, — не более 3 м. Оптимальное расстояние от оси ближайшей полосы движения до экрана составляет 9–11 м. Длина шумозащитного экрана должна обеспечивать снижение шума до расчетных значений. Минималь-

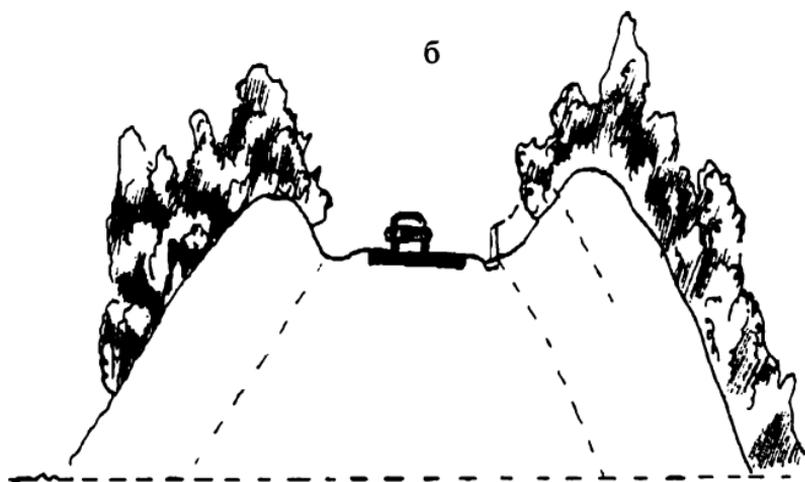
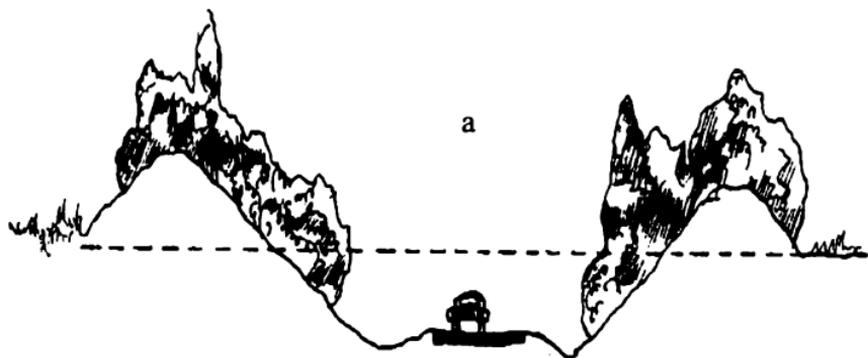


РИС. 30. Шумозащитные стены. а — в понижении, б — на возвышении.

ная длина зависит от удаления оси ближайшей полосы движения до защищаемого объекта при обеспечении прогнозируемой величины снижения эквивалентного уровня шума.

Размещение шумозащитных экранов не должно повышать снеготаносимость земляного полотна автомобильной дороги, не затруднять уборку снега с проезжей части и обочин, органично вписываться в ландшафт, не создавать опасности возникновения дорожно-транспортных происшествий, занимать, возможно, меньшую ширину полосы отвода.

Месторасположение экранов вместе с ограждающими их конструкциями должно обеспечивать минимум затрат на содержание и доступность для работников дорожно-эксплуатационных служб с

целью производства работ без демонтажа сооружения. При прокладывании автомобильной дороги по ценным землям и в стесненных условиях, когда полоса отвода имеет минимальные размеры, экраны и валы рекомендуются размещать на одном земляном полотне с проезжей частью.

К сооружениям, не проницаемым для акустических колебаний, относятся откосы выемок с различными геометрическими параметрами. Заглубление магистрали относительно общего уровня поверхности прилегающей территории позволяет обеспечить рекомендуемые санитарными нормами уровни шума на расстоянии 40–50 м от магистральных улиц и дорог.

Важнейшим параметром, характеризующим эффективность шумозащитных свойств выемки, является эффективная высота ее откосов.

При наличии разделительной полосы дополнительный шумозащитный экран высотой не менее 2 м устанавливают на середине ее, обеспечивая при этом дополнительное снижение уровня шума до 2,0 дБа.

Выбор материалов шумозащитных сооружений определяется технологичностью строительства и эстетическими соображениями. Различают две группы экранов — шумоотражающие и шумопоглощающие. От шумоотражающих экранов звуковая энергия отражается в противоположную от защищаемого объекта сторону; шумопоглощающими экранами звуковая энергия поглощается в пористых прокладках, не вызывая увеличения уровней звука на противоположной стороне дороги и в салонах автомобилей. При строительстве шумоотражающих экранов используются железобетон, бутовый камень, дерево, кирпич, габионная кладка и прозрачный пластик. Шумопоглощающие экраны строятся в основном из пластмасс, алюминия и черных металлов, растений. Поглощающими материалами могут быть пористые заполнители (вермикулит, перлит), минеральное волокно, стекловата и стеклоткань, геотекстиль.

Одним из принципов планирования населенных пунктов является функциональное зонирование селитебной территории с учетом назначения зданий и требуемой в них степени акустического комфорта. Зонирование объектов застройки с учетом норм допустимого уровня шума в помещениях объектов и на прилегающей территории целесообразно при уровнях транспортного шума, не превышающих 70 дБа. В этом случае размещение в первом эшелоне застройки одно-, двухэтажных учреждений и предприятий торговли, общественного питания, физкультуры и спорта, а также

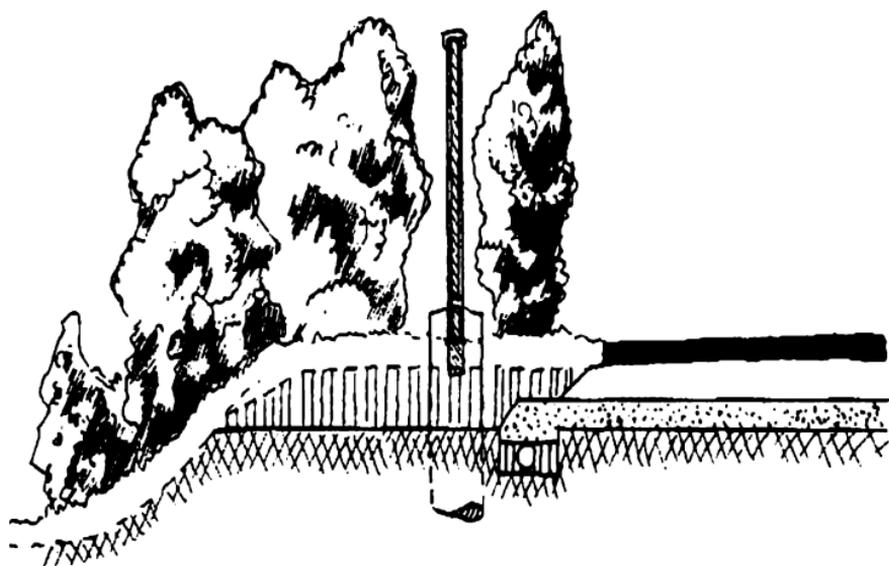
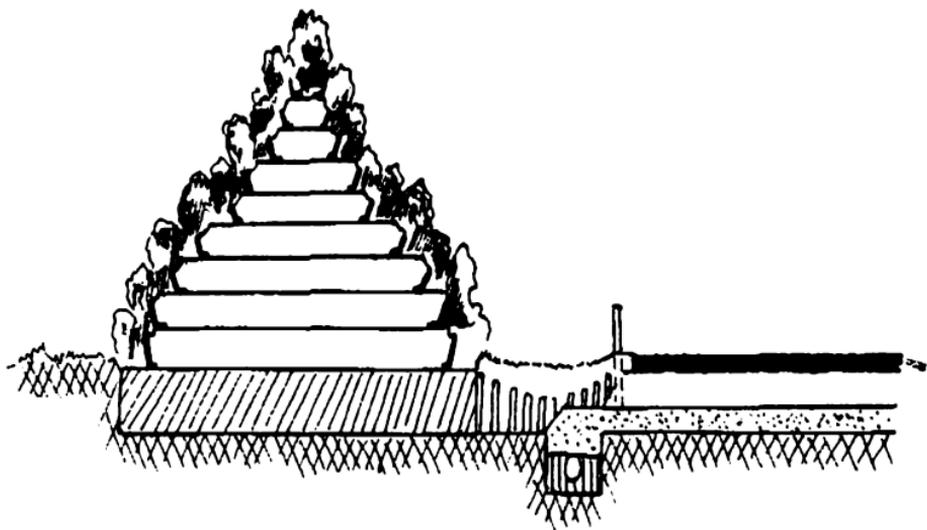


РИС. 31. Шумозащитные стены: а) из геотекстиля и растений, б) растений и металлического экрана.

зрелищных заведений даст необходимый шумозащитный эффект для многоэтажных объектов, расположенных в глубине застройки. Использование приемов шумозащитного зонирования предполагает либо зонирование застройки по вертикали, либо зонирование по уровням зашумленности, когда в каждой зоне размещаются объекты в соответствии с допустимыми уровнями шума. Определенный ущерб наносится фауне в зоне влияния дорог: животные и птицы

покидают привычные места обитания, нарушается их воспроизводство.

В целях защиты от шума используются полосы зеленых насаждений, которые могут применяться в качестве самостоятельного элемента защиты и в комплексе с другими шумозащитными сооружениями. При этом лесополосы выполняют одновременно несколько различных функций: задерживают снег, участвуют в формировании архитектурно-ландшафтных бассейнов, защищают прилегающие территории от ветровой эрозии, улучшают микроклимат, являются местом обитания птиц и мелких животных, снижают уровень шума и загрязнение атмосферного воздуха выхлопными газами в зоне влияния дорог.

Исследования эффективности зеленых насаждений показывают, что она в значительной мере зависит от конструкции полосы. Если сплошной массив зеленых насаждений проредить и сделать его в виде рядовых густых посадок с сомкнутыми кронами деревьев, с подлеском и кустарником, то можно получить еще более значительный эффект снижения звука. Встречая каждую новую «плоскостену» зеленых насаждений, каждый новый плотный ряд деревьев с подлеском, уровень транспортного шума будет каждый раз ослабляться, т.е. каждый ряд как бы дополнительно экранируется. Эффективность защитной лесополосы после 25 м падает и дальнейшее снижение уровня шума происходит в основном лишь в результате увеличения расстояния, поэтому оптимальная ширина зеленой полосы находится в интервале 10–25 м. Фронт звуковой волны из воздушной среды набегает на лесополосу, т.е. переходит в другую среду, которая содержит взвешенные в воздухе листья и обладает более значительной поглощательной способностью энергии. В этой среде звуковая энергия поглощается и отражается поверхностью листьев, стволами и сучьями. Часть энергии транспортного шума расходуется на возбуждение колебаний листовых пластинок, в том числе инфразвуковых частот с выделением теплоты, а другая часть звуковой энергии поглощается зеленой массой листвы. Таким образом, зеленые насаждения оказывают многостороннее влияние на распространение звуковой энергии над поверхностью земли. С одной стороны, они обладают способностью рассеивать и поглощать звуковую энергию, и это проявляется тем заметнее, чем большую плотность имеет лесополоса, а с другой стороны, зеленые насаждения являются экранирующим барьером на пути распространения звуковых волн, за которым образуется звуковая тень, что делает их средством защиты от транспортного шума. Шум поглоща-

тся более полно, если зеленые насаждения размещаются у источника шума или у защищаемого объекта.

Лучше всего защищают от шума плотные полосы из хвойных пород, сохраняющих иголки круглый год: ель, пихта. Из лиственных пород могут быть рекомендованы липа, граб, шелковица, ильмовые с подлеском из бирючины, гордовины, спиреи.

Эффективной формой поперечного профиля шумозащитной полосы следует считать форму треугольника с более пологой стороной по отношению к источнику шума. При подборе ассортимента необходимо использовать породы, устойчивые к выхлопным газам. Следует учитывать, что шумозащитный эффект зеленых насаждений наблюдается только в области создаваемой ими звуковой тени. Значение растений при защите от шума иногда переоценивают. Наиболее вероятная эффективность снижения уровня шума в результате использования насаждений составляет не более 5–6 дБА. В то же время, зеленые насаждения положительно влияют на психику людей и отвлекают их от неприятных ощущений, связанных с транспортным шумом.

Со стороны источника шума в насаждениях должна быть обеспечена фронтальная сомкнутость. Шахматное расположение деревьев в полосе более эффективно, чем рядовое, высота деревьев должна быть не менее 7–8 м, кустарников — не менее 1,5–2,0 м. Структура полос плотная с кустарником в подлеске, закрывающим подкрановое пространство. Предпочтительной является двухъярусная живая изгородь. При создании защитных полос зеленых насаждений одна или две породы деревьев являются главными или основными, образующими костяк полосы и верхний ярус. Остальные, дополнительные породы, обеспечивают быстрый рост основной породы, затемнение почвы и формируют нижний ярус.

Эффективность грунтовых защитных сооружений повышается при засеве поверхности их откосов травой и размещении на них кустарников. Широкое распространение в 70-х гг. получило строительство грунтовых валов и кавальеров в шумозащитных целях в Германии, Дании и других европейских странах. При строительстве скоростной автомагистрали около г. Штутгарта строители использовали излишки грунта для возведения шумозащитного кавальера высотой 8 м. В небольших немецких городках защиту от шума осуществляют с помощью хорошо озелененных грунтовых валов высотой около 2 м. Использование декоративной зелени, цветов, благоустройство этих валов придает улицам живописный вид. Вдоль автомагистрали с интенсивным транспортным потоком наиболее

эффективны грунтовые валы высотой от 6 до 9 м. Опыт применения грунтовых валов есть и в России. Одним из самых надежных шумозащитных средств является шумозащитный грунтовой откос с зелеными насаждениями. Во всех странах архитекторы используют грунтовые шумозащитные валы в качестве многофункционального средства. Нередко в них со стороны застройки размещают коллекторы, гаражи, складские помещения, мастерские. Распределение транспортных магистралей и пешеходных дорожек по разные стороны защитного сооружения, кроме того, формирует в сознании людей психологическое ощущение акустического комфорта.

Эффективность защитных грунтовых валов значительно повышается при размещении на них дополнительно стенки-экрана высотой до 1,5 м. Как правило, ширина грунтовых валов поверху не превышает 1,0 м. Для отсыпки валов используются излишки грунта, возникающие при вертикальной планировке селитебной зоны и строительстве фундаментов зданий и сооружений. В связи с тем, что валы и кавальеры занимают значительную площадь, их возведение возможно в основном в пригородных зонах и на участках глубокого ввода магистралей в город при экологическом и технико-экономическом сравнении вариантов.

Откос грунтового защитного сооружения со стороны магистрали следует возводить с максимально возможной крутизной, применяя армирование грунта с использованием геотекстиля, оцинкованных металлических полос, лент и решеток из полимерных материалов (рис. 32).

Конструкции валов с облицовкой или укреплением откосов бетонными или каменными материалами позволяют значительно увеличить крутизну откосов и уменьшить занимаемую площадь. С архитектурной точки зрения грунтовые защитные объекты должны быть законченными, целыми, упорядоченными и не содержащими элементов или частей, противоречащих их функциональному назначению и технической основе.

Лесные полосы вдоль автомобильных дорог имеют то же назначение, что и полосы вдоль железнодорожных путей, поэтому принципы их проектирования и выращивания, казалось бы, должны быть едиными. Однако густая сеть автомобильных дорог не позволяет создавать многополосные насаждения, так как это привело бы к неоправданному отводу под лес ценных полевых земель. Ввиду того, что снежные заносы на автодорогах меньше препятствуют беспрепятственному движению транспорта (снег сдувается с асфальтового покрытия, движение автотранспорта более интенсивное), вдоль ав-

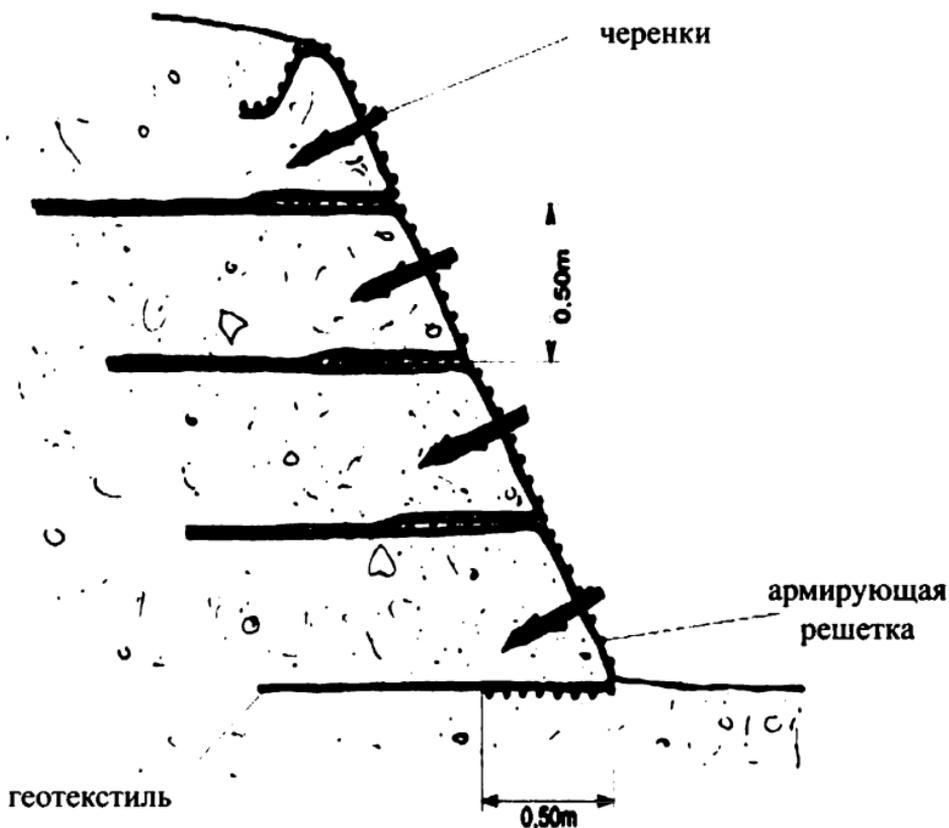


РИС. 32. Армированная насыпь.

томобильных дорог ограничиваются выращиванием узких, живых изгородей из 2–8 рядов одиночных и двухполосных снегозадерживающих

насаждений. С учетом степени снегозаносимости территории разработаны схемы снегозадерживающих лесных полос. Их высокая эффективность обеспечивается за счет большой ширины резервной зоны и разрывов в двухполосных насаждениях (эти разрывы целесообразно использовать под посевы сельскохозяйственных культур), а также за счет постепенного увеличения высоты полосы от полевой опушки к середине. В приведенных схемах кустарник вынесен из-под полога в опушечные ряды, полосы имеют ширину междурядий 2,5 м и густое размещение посадочного материала в рядах (0,4–0,5 м).

В придорожные лесные полосы вводятся устойчивые к снеголому, а также декоративные и плодовые породы. При выращивании этих насаждений применяется агротехника, рекомендуемая для полезащитного и противоэрозийного лесоразведения.

Основными недостатками рассматриваемых схем являются слабая устойчивость к ветру и низкая эффективность насаждений при изреживании, в результате чего снег выносится на дорогу. В то же время широкие междурядья позволяют механизировать лесокультурные работы, загущенная посадка в рядах исключает необходимость дополнений, узкие полосы обеспечивают равномерное снегораспределение.

Выращивание широких двух-, трех- и многополосных насаждений вдоль транспортных магистралей целесообразно при отсутствии системы защитных насаждений на прилегающих снегосборных площадях, которыми являются в основном сельскохозяйственные угодья. После создания законченной системы полос на этих землях весь снег будет задерживаться на полевых угодьях и отпадает необходимость в специальном отводе земель под широкие снегозадерживающие лесополосы. Ветроломную роль будут играть узкие озеленительные лесополосы вместе с системой полезащитных и противозрозионных насаждений.

8. ИНЖЕНЕРНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ НА ПУСТЫННЫХ ЛАНДШАФТАХ

8.1. Пустыни, их распространение и особенности ландшафтов

Под пустынями понимаются обширные природные области с крайне засушливым, жарким климатом и сравнительно редкой растительностью.

Для пустынь типично незначительное количество осадков (менее 250 мм), неравномерное их распределение по сезонам года, исключительно большая изменчивость по годам. В пустынях испарение преобладает над выпадающими осадками, отсутствует постоянный поверхностный сток.

Пустынные территории характеризуются показателем аридности (отношение годового количества атмосферных осадков к потенциальной испаряемости), колеблющимся от 0,2 до 0,03. Наиболее сухие, экстрааридные пустынные области имеют показатель менее 0,03, то есть когда испаряемость более чем в 33 раза превышает количество выпадающих атмосферных осадков.

Пустыни распространены на всех континентах, кроме Антарктиды.

И. Вальтер, описывая черты аридных территорий, предложил следующее определение пустыни, которое можно считать одним из первых: «Это страна географических парадоксов и одинаково трудно составить как беспристрастный взгляд на характерные особенности пустынного ландшафта, так и выразить этот взгляд словами. Тучи без дождя, родники без ручьев, реки без устьев, озера без стока, сухие долины, сухие дельтовые отложения, высохшие озера, безводные впадины, лежащие ниже уровня моря..., интенсивное выветривание без продуктов разложения... Эти и многие другие оригинальные явления попадают каждому внимательному наблюдателю теперешней пустыни».

Огромное значение в современном рельефе пустынь имеют эоловые процессы. Под их воздействием в пустынях стираются следы прежней деятельности всех других процессов и создаются новые огромные геологические формации.

Выделяют песчаные и каменистые пустыни.

Песчаные пустыни в мире занимают около 1/2 общей площади истинных пустынь, что составляет 4,6–7,0 млн. км². Это 3,0–4,6% общей площади земной поверхности. К этой площади можно добавить 20 тыс. км² внутриматериковых песчаных массивов в гумидной зоне.

Каменистые пустыни, или «гоби», представлены многообразием ландшафтных образований. Это равнинные или увалистые территории с щебнистой или галечно-песчаной поверхностью, грубоскелетной гипсированной серо-бурой почвой и скудной изреженной растительностью. Здесь отсутствуют поверхностные воды.

Все каменистые пустыни имеют сложный гетерогенный рельеф.

Площадь земель, расположенных в зоне с аридным климатом, составляет 47,7 млн. км² или около 31% суши земного шара. Для этой огромной территории, расположенной в умеренном, субтропическом и тропическом поясах, характерно большое разнообразие природных условий.

В зависимости от сезонного ритма выпадения осадков, температурного режима и влияния этих разностей на развитие растений по экологическим особенностям выделяются четыре разновидности пустынь:

1. Пустыни, где осадки выпадают зимой и засушливый период выражен летом.
2. Пустыни, где осадки выпадают летом и засушливый период выражен зимой.
3. Пустынные территории с двумя периодами осадков или без явно выраженного сезона дождей.
4. Пустынные территории, где отсутствует закономерный сезонный ритм осадков или осадков вообще нет.

Несмотря на большое разнообразие природных условий пустынь мира, можно отметить отдельные черты их сходства. Пустыни, во-первых, объединяют несколько общих черт климата: крайняя засушливость, постоянный дефицит влажности и резкое преобладание испарения с водной поверхности над выпадающими осадками.

Во-вторых, для них характерны классические черты пустынной гидрологии — наличие транзитных и временных рек, пересыхающих озер и отсутствие стока.

В-третьих, много общего во всех пустынях имеет и динамика водного режима корнеобитаемых горизонтов. Интенсивность их увлажнения и динамика водного режима полностью зависят от количества и времени выпадения атмосферных осадков, температурного режима и внутрпочвенной конденсации.

Ресурсы поверхностных пресных вод пустынь составляют менее 1% суммарных ресурсов речного стока Земли.

Как правило, по аридным территориям протекают транзитные реки, сток которых формируется в соседних областях. Речные бассейны аридных территорий — колыбели многих цивилизаций, очаги земледелия, культуры и государственности.

Ресурсы поверхностных пресных вод в аридной и семиаридной зонах в большинстве случаев зарегулированы водохранилищами.

Подземные воды в отдельных регионах являются основным источником водных ресурсов.

Самые крупные запасы подземных вод и многочисленные их выходы находятся в восточной части пустыни Эль-Хаса (Саудовская Аравия), в полосе, занимающей несколько сотен километров и прилегающей к Персидскому заливу. Обильны выходы пресных вод и в сухих древних руслах — вади.

В странах Северной Африки — Алжире, Ливии, Тунисе, Марокко, Египте — большую роль играют подземные воды Сахары, которые встречаются преимущественно в сухих руслах и в депрессиях, где близко к поверхности расположены водоупорные слои.

В Северной Америке большое скопление пресных подземных вод имеется в регионе Великих Равнин США.

В Австралии подземные пресные воды широко представлены и используются весьма широко. Характерной чертой континента является наличие крупных артезианских бассейнов. Крупнейший из них — Большой Артезианский бассейн, площадью 1751 тыс. км².

Почвенный покров пустынь отражают поверхностные образования — песчаные, каменистые, галечниковые и различные коры: известковые, гипсовые, солевые. Многие из указанных образований имеют реликтовый характер.

В виду того, что песчаные пустыни наиболее распространены (до 1/2 общей площади настоящих пустынь), песчаные почвы в аридных районах преобладают.

Степень земледельческого освоения аридных земель в различных местах различна и зависит от характера почвенного покрова. Наиболее значительная концентрация пахотных земель, как правило, связана с аллювиальными равнинами. Во многих странах выделяемые земли имеют очаговое, оазисное распространение.

В Африке только 7% аридных земель занято пашней и постоянными культурами, в то время как в Азии — 41%. В аридных регионах широко распространено богарное земледелие, ориентированное на производство зерновых культур на фоне атмосферных

осадков. Ведущие культуры — пшеница, сорго, ячмень, просо экологически связаны с семиаридными районами, где в связи с климатическими особенностями их производство сопряжено с постоянным риском.

Ускоренные темпы роста населения, обостряющие проблему обеспечения людей продовольствием, а также тенденция широкого использования сельскохозяйственных земель для промышленно-транспортных нужд заставляют проводить экспансионистскую политику по расширению пахотного клина за счет земель, расположенных в маргинальных областях с климатическими пределами распространения зерновых культур, что легко может привести к опустыниванию.

Основная часть пахотных земель в аридных районах нуждаются в орошении. Здесь находится треть всех орошаемых земель мира — свыше 100 млн. га из общей площади 270 млн. га. Наиболее крупные орошаемые массивы, превышающие 1 млн. га, сосредоточены в Азии — 46 млн. га (бывшие советские республики Средней Азии, Пакистан, Иран, Ирак), в Северной и Центральной Америке — 21,8 млн. га (США, Мексика), в Африке — 7,9 млн. га (Египет, Судан, ЮАР).

В аридных районах огромные территории используются как пастбища, где содержится более половины мирового поголовья крупного рогатого скота, 30% овец и более 60–70% коз.

Лесные ресурсы аридных территорий незначительны и в большинстве своем малопродуктивны.

Часть территории занята населенными пунктами, промышленными и транспортными объектами.

Форма ведения хозяйствования, зачастую нерациональная, приводит к тому, что структура земельного фонда в аридных регионах постоянно трансформируется, изменяет свои площади и границы, все больше земель выводится из хозяйственного оборота, требуя капитальных вложений на их мелиорацию. В тоже время с ростом населения возрастает нагрузка на земельные ресурсы. Каждый новый человек требует 0,3–0,5 га для производства пищи и 0,07–0,08 га — под жилища и инфраструктуру.

Биопродуктивность природных и искусственных растительных сообществ пустынных экосистем очень низка. Она определяется особенностями почвенного покрова, напряженным гидротермическим режимом, а также видовым составом произрастающих растений.

Растительность пустынь в целом находится в разреженном состоянии. Однако районы с хорошим гидротермическим режимом

(оазисы, долины и дельты рек, земли вокруг пресноводных озер, зоны выклинивания и выхода на поверхность пресных подземных вод) отличаются разнообразной и богатой растительностью, а те районы, где имеют место дефицит почвенной и атмосферной влаги, плотный почвогрунт, избыток вредных растворимых солей (барханные пески, деградированные пастбища, такыры, солончаки) либо лишены растительности, либо последняя представлена единичными экземплярами.

В составе растительного покрова широко представлены растения-эндемики.

Все виды и формы растительности, независимо от географического распространения, обладают способностью приспосабливаться к экстремальным почвенно-климатическим условиям аридной зоны.

В составе растительности пустынь выделяются следующие жизненные формы: однолетние (эфемеры) и многолетние (эфемероиды) травы, полукустарники и кустарники, древесная растительность, мхи, лишайники, почвенные водоросли.

Характерная особенность всех жизненных форм растительности пустынь — их эфемерность, или ускоренное развитие в теплые, влажные сезоны, короткий жизненный цикл и ксероморфизм (устойчивость к засухе и высоким температурам).

Среди жизненных форм растительности пустынь выделяются солеустойчивые виды (галофиты). Для них характерны мясистые органы, замедленный рост и развитие.

В песчаных пустынях широко распространены древесно-кустарниковые сообщества, состоящие из ксерофильных крупных, часто древовидных кустарников, которые и формируют основной облик ландшафта. В каменистых, солончаковых и глинистых пустынях растительность особенно сильно изрежена и угнетена.

Именно характер жизненной формы господствующих растений обычно используется для названия ландшафтных типов пустынь. Так, в литературу уже прочно вошли такие термины, как «кустарниковые» (*Haloxylon*, *Calligonum*) пустыни Средней Азии, «суккулентные» пустыни южноафриканских и центральноамериканских пустынь, «полынные» и «эфемерные» пустыни севера Туранской низменности и Ближнего Востока, «saltbush deserts» в Австралии и т.д.

Продуктивность растительной массы пустынь в силу суровости жизненных условий невелика и колеблется от 50–60 ц/га в песчаных пустынях Центральной Азии (черные саксаульники) до нескольких килограммов в наиболее засушливых пустынях Африки.

Из растений, произрастающих в аридной зоне, большой интерес представляют псаммофиты — растения, живущие на рыхлых, иногда даже подвижных песках. Для жизни на подвижном субстрате они имеют свойство, которое проявляется в том, что при засыпании надземной части растения на ветках начинают развиваться многочисленные корни, а при выдувании корней — на обнаженных корнях появляются вегетативные побеги. От перегрева и иссушения вегетативные органы и корневые системы защищены утолщениями, которые состоят главным образом из крупноклеточной паренхимы, служащей вместилищем для запаса крахмала и воды.

Оригинальна корневая система псаммофитов. У древовидных форм боковые корни распространяются в верхних горизонтах до 25–30 м. Стержневой корень уходит в глубину до 20–25 м.

Своеобразно устроены и плоды псаммофитов. Все семена снабжены крылатками, щетинками и прочими образованиями, обеспечивающими парусность либо передвижение по поверхности песка, что обеспечивает активный их разнос по пустыне.

В песках Центральной Азии псаммофильная растительность представлена разными видами джужгун (*Calligonum*), *Ammodendron conollyi*, эremosпартон (*Eremosparton flaccidum*), *Smirnovia turcestana*, карагана (*Caragana microphylla*), *Heliotropium arguzioides*, *Tournefortia sogdiana*, *Arisanta tectorum* и др.

Другой группой растительности пустынь являются галофиты.

К этой группе относятся растения, произрастающие в солончаковых пустынях. Они представлены кустарниками, полукустарниками, многолетними и однолетними солянками.

В пустынях Азии и Северной Африки широко распространен сарсазан (*Halocnemum strobilaceum*), зейдлия (*Seidlitzia rosmarinus*), селитрянка (*Nitraria schoberi*), соляноколосник (*Halostachys caspica*), из полукустарников — поташник (*Kalidium caspicum*), из травянистых — солянки (*Salsola* sp.), шведки (*Suaeda* sp.), солерос (*Calicornia* sp.) и др.

Состав растительности солончаков североафриканских пустынь и Ближнего Востока во многом сходен. Общими являются виды и роды кустарников-галофитов, как *Halocnemum*, *Nitraria*, *Frankenia*, *Reanmuria*, и однолетних солянок — *Salsola*, *Suaeda*, *Salicornia*. Много общего с растительностью солончаковых пустынь Азии и Африки имеет растительность солончаков Австралийских пустынь. Их галофитная флора представлена теми же родами, но другим видовым составом. Из кустарников здесь встречаются *Nitraria billiar-*

derii, *Atriplex vtsicaria*, *A. nummularia*, *A. canescens*, *Kochia stdifolia* и др. Обычны также и однолетние солянки — *Suaeda*, *Salsola* и др.

К североамериканским галофитам относятся следующие кустарнички и полукустарнички: *Zygophyllum album*, *Z. samplex*, *Atriplex halimis*, *A. canescens*, *Frankenia palmeri* и однолетние солянки — *Salicornia*, *Salsola*, *Suaeda* и др.

Растения-галофиты безлиственны или малолиственны, с толстыми членистыми веточками или листьями, обычно сочными или мясистыми. Клеточный сок их насыщен солями — сульфитами и хлоридами. Иногда содержание солей доходит до 45% от абсолютно сухого веса листьев. Обилие водорастворимых солей повышает осмотическое давление клеточного сока и замедляет транспирацию.

Галофиты в период своей активной жизнедеятельности освобождаются от избытка солей. У одних это происходит путем сбрасывания ассимиляционных органов, у других на листьях имеются клетки, выделяющие избыток солей (*Tamarix* sp., *Frankenia* sp., *Reaumuria* sp., *Atriplex* sp.).

Некоторые галофиты специализированы по месту обитания и служат индикаторами почвенно-грунтовых условий при геохимической разведке.

В пустынях субтропического и тропического поясов в процессе эволюции и адаптации к аридным условиям сформировался тип вечнозеленых суккулентных тропических растений с сочными мясистыми стеблями или сочными листьями. Листовые суккуленты встречаются и в пустынях умеренного пояса (*Sedum*, *Sempervivum* и др.). Их характерными физиологическими особенностями являются: низкая транспирация, очень высокая теплоустойчивость, низкое осмотическое давление (5,5–39,7 атм.) и др. используются *Pennisetum chinensis*, *Panicum urvilleanum* и др.

Одним из способов предотвращения негативного влияния пустынь является их рациональное использование.

Оно осуществляется двумя различными путями. Первый из них — традиционный способ, когда человек приспособлял природные богатства непосредственно для своих нужд (охота, сбор полезных растений, примитивное земледелие, животноводство, кустарная разработка месторождений полезных ископаемых). Второй — современные способы эксплуатации природных ресурсов пустынь с использованием новейших достижений науки и техники (крупное ирригационное строительство, промышленная разработка полезных ископаемых, промышленные способы опреснения соленых вод).

Из традиционных форм хозяйствования наибольшее развитие получило животноводство. К настоящему времени почти определен возможный максимум поголовья скота в той или иной пустыне. Его размер определяется емкостью пастбищ, условиями года.

Современные способы эксплуатации природных ресурсов, основанные на технических достижениях человечества, значительно расширили сферу воздействия человека, углубили и обогатили возможности эксплуатации природы пустынь.

Учитывая, что основным лимитирующим фактором освоения аридных земель является вода, большое внимание уделяется обводнению территории и рациональному использованию самой воды.

Сейчас почти во всех пустынях созданы крупные ирригационные системы инженерного типа, позволяющие перебрасывать значительное количество речных вод на сотни километров и осваивать под орошаемое земледелие новые плодородные земли.

Для растениеводства в пустынях перспективны новые формы капельного орошения (особенно привлекательного для стран с лимитированными источниками водоснабжения), использование для орошения минерализованных вод и сильнонабухающих полимерных гидрогелей, позволяющих существенно менять влагоемкость почв и режим орошения.

Большое внимание повсеместно уделяется поиску подземных пресных вод, разработке способов искусственного формирования запасов пресных вод путем погружения в грунт поверхностного стока.

Для водоснабжения аридных территорий, особенно городов, пастбищ, промышленных предприятий, также применяются промышленные опреснительные установки.

Многоотраслевое использование природных ресурсов пустынь и быстро растущий объем производства, привели в ряде случаев к нарушению существующего экологического равновесия в природной среде, а также к разрушению социальной сферы жизни местного населения.

Экологические изменения в отдельных районах оказались настолько глубокими, что зачастую стали переходить в форму экологического бедствия. В Центральной Азии к таким изменениям привело в частности необдуманное использование на орошение практически всего стока рек Амударьи и Сырдарьи. При этом крупнейший пресный внутренний водоем — Аральское море был обречен на гибель, а экологическая катастрофа охватила весь Уральский регион, Каракалпакия лишилась пресной питьевой воды. В

республике обострились процессы вторичного засоления земель, резко ухудшилось санитарно-эпидемиологическое состояние региона.

Нерациональное использование в Калмыкии пастбищных угодий в 1960–1980-е гг., привело к опустыниванию огромного региона площадью почти в 5 млн. га и формированию в Северном Прикаспии первой антропогенной пустыни в Европе в виде сплошного барханного массива площадью 1 млн. га.

В 1992 г. Конференция ООН по окружающей среде приняла документ в поддержку комплексного подхода решения этой проблемы, а также принятию мер по содействию устойчивому развитию (Рио-де-Жанейро, 1992).

В 1994 г. принимается Конвенция ООН по борьбе с опустыниванием в тех странах, которые испытывают серьезную засуху или опустынивание (Париж, 1994).

Для Центрально Азиатского региона предложена система мероприятий, акцентирующих внимание на проведение превентивных и активных действий по рациональному природопользованию, сохранению и воспроизводству агроресурсного потенциала земель, взаимосвязанных с нормативными документами и законодательными актами. Она ориентирована на планомерный переход от ресурсно-затратных способов природопользования к ландшафтным адаптивным по схеме:

- оценка агроресурсного потенциала;
- первичная лесомелиоративная адаптация хрупких экосистем, трансформация их в экологически сбалансированные, устойчивые против деградации агролесные, агролесопастбищные, лесопастбищные, аквалесные, рекреационно-лесохозяйственные и другие лесоаграрные ландшафты;
- управление агроресурсным потенциалом через комплексную мелиорацию;
- адаптация технологий природопользования в лесоаграрных ландшафтах;
- адаптация флоры и фауны;
- оптимизация социально-экономической сферы на осваиваемых и реконструируемых землях.

Перспективы работ по борьбе с опустыниванием предполагаются и в связи с решением Российской Федерации присоединиться к Конвенции Организации Объединенных Наций по борьбе с опустыниванием от 17 июня 1994 г. (Постановление Правительства Российской Федерации от 27 мая 2003 г. за № 303).

На аридные территории мира приходится около 100 млн. га орошаемых, 170 млн. га богарных земель и 3,6 млрд. га природных пастбищ.

Развитие сельского хозяйства в аридных районах в первую очередь зависит от масштабов различных видов мелиораций. Водная мелиорация и в частности орошение — один из главных движителей процесса. Орошение обеспечивает шестикратное увеличение урожаев зерновых и четырехкратное — технических культур. Обводнение отдаленных пастбищ — гарант их рационального использования в целом. В развитых странах темпы прироста орошаемых земель составляют 2,9% в год, богарных — 0,7%.

Основные направления технического прогресса в поверхностном орошении, который в аридной зоне обычно осуществляется по бороздам, предусматривает внедрение средств механизации и автоматизации распределения воды по орошаемым полям, возврат и повторное использование сбросных вод. Особого внимания заслуживают ресурсосберегающие способы полива — дождевание, капельное и подпочвенное орошения. Орошение дождеванием получило наибольшее распространение. Для его осуществления обычно используются дождевальные установки.

Подпочвенное орошение — способ подачи воды непосредственно в поверхностный слой почвы. Преимущество его — возможность непрерывного поддержания необходимой величины влажности корнеобитаемого слоя, исключается образование корки, сохраняется структура почвы, резко снижается количество сорняков, создаются условия для механизированного ухода за растениями. Расходы по внедрению такой технологии ниже, чем при стационарных дорожных системах.

При капельном орошении предусмотрена подача воды непосредственно к корневым системам по надземным и подземным напорным трубопроводам.

В ограниченных масштабах практикуется орошение за счет сбора спорадически выпадающих осадков, влаги туманов, а также конденсата влаги в корнеобитаемых горизонтах.

В отдельных аридных районах, где расположены крупные города и подземные воды используются для водоснабжения, в орошении сельскохозяйственных культур используются сточные воды, прошедшие предварительную очистку.

8.2. Мелиорация подвижных песков

Подвижные пески в аридных регионах обычно представлены золовыми формами в виде барханов или дюн различной высоты и

массы. Термин «подвижные пески» появился в литературе достаточно давно. Он характеризует динамичность рельефа, аккумуляционные и дефляционные процессы. Подвижность эоловых форм обычно увязывается с интенсивностью ветрового режима и массой эоловых форм. Однотипность протекающих физических процессов в подвижных песках в географически отдаленных пустынях, сходность природных ресурсов позволяет говорить о единой методологии прогноза переноса песка и о использовании унифицированных методов борьбы с подвижными песками набором определенных защит и технологий.

Инженерно-биологические методы по закреплению подвижных песков с использованием растений на всех континентах по существу однотипны. Это посевы и посадки местных или интродуцированных растений — пескоукрепителей. Различия имеют место лишь в подборе ассортимента растений, используемых для мелиоративных целей и в сроках проведения работ. Подбор растений пескоукрепителей идет в зависимости от их экологических и агроэкологических особенностей региона.

В настоящее время предложены различные технологии закрепления подвижных песков. Для стабилизации песчаной поверхности используют различные виды защит.

Защиты, устроенные из веток деревьев и кустарников, досок, отходов деревоперерабатывающей промышленности, специальных железобетонных конструкций и т.д. классифицируются как «механические защиты». На закрепляемой поверхности они устанавливаются в виде полос в определенной последовательности поперек господствующих ветров, либо в виде клеток. Защиты возвышаются над поверхностью, либо находятся на поверхности (так называемые «устилочные защиты»).

Механические защиты выполняют двойную функцию: закрепляют песчаную поверхность, создают благоприятные условия для выращивания растений. Их пескоукрепительный эффект основан на снижении скорости ветра в приземном слое, в результате чего уменьшаются или сводятся на нет дефляционные процессы, аккумулируется поступающий извне песчаный материал. В зависимости от проницаемости аккумулирующая роль защит неодинаковая.

Плотные ветронепроницаемые рядовые защиты аккумулируют песчаный материал равномерно с обеих сторон. Зона аккумуляции равна двум высотам защиты.

При увеличении скважности до 20–30% песчаный материал в основном скапливается за защитами. Область отложения достигает

8–10 высот, установленного препятствия. Незначительные количества песка аккумулируются с наветренной стороны.

У защит скважностью 60% с подветренной стороны аккумуляция песка идет в зоне шириной 12–13 высот защит. Дальнейшее увеличение скважности приводит к падению пескоукрепительного эффекта. На выровненных участках защиты высотой 0,3, 0,4, 0,5 м аккумулируют песок соответственно 0,6, 1,05 и 1,6 м³/пог.м.

При устройстве защит на наветренных склонах барханных цепей аккумуляционная способность снижается. На участках крутизной 5 градусов зона аккумуляции максимальна 11 высотам защит, а в 10 градусов — 6.

На участках крутизной в 5 градусов защиты высотой 0,3, 0,4 и 0,5 м аккумулируют соответственно 0,5, 0,9 и 1,4 м³/пог.м, а на участках в 10 градусов — 0,25, 0,45 и 0,7 м³/пог. м.

Зона аккумуляции песчаного материала в пределах 12–13 высот на выположенных участках, 11 и 6 — на участках крутизной 5 и 10 градусов приняты как допустимые расстояния между рядами защит при использовании их в системе (многорядные защиты). В этом случае на закрепленной территории обеспечивается зона с пониженными скоростями ветра у поверхности.

Количество рядов в системе должно обеспечивать максимальную аккумуляцию переносимого песка в ветропесчаном потоке. Например, в Центральной Азии ширина защитной зоны у хозяйственных объектов при использовании механических защит колеблется от 100 до 480 м.

Сохранность защит зависит от вида растительного материала, используемого для их устройства, количества рядов в системе и расположения по элементам рельефа. Наиболее устойчивы защиты из тростника (*Phragmites australis*). Для повышения эффективности этих зон высаживается травянистая или древесно-кустарниковая растительность.

Механические защиты играют огромную роль также и в нивелировании рельефа.

Они создают благоприятные условия для естественного возобновления местных видов растений пескоукрепителей (травянистой и кустарниковой), положительно влияют на динамику влаги в корнеобитаемых горизонтах. В полутораметровом слое в Каракумах на закрепленных участках сохраняется на 37–40 мм влаги больше, чем на целине.

Мелиорация подвижных песков с использованием механических защит — работа очень трудоемкая и дорогостоящая. Использование механизации ограничен.

В качестве одной из разновидностей механической защиты используют ленту из пленочного материала (полиэтиленовая, полихлорвиниловая и т.д.) высотой 25–30 см, устанавливаемую в песок с одновременной посадкой сеянцев растений-пескоукрепителей поочередно с обеих ее сторон.

Защиты из пленочного материала, армированные сеянцами или черенками, устойчивы. Они стабилизируют песчаную поверхность, создают благоприятные условия для роста и развития растений, которые на второй-третий год обеспечивают полностью пескоукрепительные функции.

Устройство защит из пленочного материала, армированных сеянцами или черенками, решено на базе серийно выпускаемых лесопосадочных машин.

Технология следующая. В сошник лесопосадочной машины, находящемуся в рабочем состоянии, подается лента из пленочного материала и сеянцы, согласно принятому шагу посадки. За пределами сошника (в борозде) защитная лента и сеянцы засыпаются песком. При этом лента заделывается в вертикальном положении в виде стенки на глубину 25–30 см, а сеянцы — до корневой шейки или на 5–10 см глубже.

Стабилизация песчаной поверхности и последующая лесомелиорация закрепленных участков (или наоборот) оказалась возможной также при использовании различных химических веществ (производные нефтепродуктов, нэрозин, полимерные препараты, глинистые суспензии и т.д.).

В зависимости от используемого материала на песчаной поверхности могут быть сформированы покрытия с жестким, пластичным и эластичным типом связи, которые в свою очередь, подразделяются на две категории — с гидрофобными и гидрофильными свойствами.

Устойчивость покрытий из вяжущих веществ в подвижных песках — основной показатель их хозяйственного использования. Высокую ценность представляют вяжущие соединения, защитные свойства которых сохраняются не менее 3–4 лет.

Наибольший срок службы у сплошных покрытия — 3–5 лет. Из полосных покрытий (ширина 1,5–2 м) наиболее устойчивы, сформированные из производных нефтепродуктов (мазут, мазут с битумом и т.д.). В районах со средним ветровым режимом (перенос песка 15–25 м³/м. пог.) они сохраняются 3–4 года.

Пескоукрепительные свойства сплошных и полосных защит из химических препаратов проявляются в стабилизации рельефа, его

перестройки, положительном влиянии на сохранность влаги в кор-необитаемых горизонтах, а также обеспечении условий приживаемости, сохранности, роста и развития растений-мелиорантов. На участках, закрепленных вяжущими, на второй-третий год создаваемые культуры полностью выполняют пескоукрепительную роль.

Весь комплекс пескоукрепительных и фитомелиоративных работ при использовании вяжущих веществ механизирован. Для их осуществления обычно задействуются два типа механизмов — пескоукрепительный агрегат, обеспечивающий нанесение вещества на песок и легкая лесопосадочная машина для посадки черенков или сеянцев.

При сплошном закреплении поверхности первоначально выполняется посадка и последующее закрепление поверхности. При полосном закреплении поверхности очередность работ определяется условиями местности.

Для условий Каракумов оптимальны нормы расхода в зависимости от препарата от 0,5 до 2 литров на квадратный метр. Очень эффективен мазут как в чистом виде, так и в сочетании с другими препаратами. Рекомендованные нормы обеспечивают оптимальное закрепление песчаной поверхности и мелиоративный эффект в комплексе. Для зон с другим агро-климатическим потенциалом нормы должны быть уточнены.

Расход посадочного материала растений-пескоукрепителей практически во всех пустынных зонах рекомендован в количестве 3300 шт./га (черенки или саженцы).

Методы мелиорации подвижных песков позволяют на 3—4 год полностью исключить дефляционные процессы на закрепляемой площади, создать защитные насаждения оптимальной густотой стояния древесно-кустарниковой растительности на единице площади, а также обеспечивают естественное возобновление травянистых растений.

Мелиорированные площади на шестой год могут быть вовлечены в хозяйственный оборот в виде пастбищ с соблюдением норм выпаса.

8.3. Мелиорация деградированных песчаных земель

Песчаные земли в аридной зоне используются в основном как пастбища. В деградационных процессах на песчаных пастбищах

наблюдается этапность, проявляющаяся в смене природных биоценозов на неполночленные фитоценозы с убывающей биопродуктивностью. Завершающим этапом является развитие дефляционных процессов, формирование эолового рельефа. Схема однотипна для аридных районов в различных географических зонах. Переход одного качественного состояния экосистемы в другие строго обусловлен и зависит от влияния территории с более высоким рангом опустынивания на территории, где эти процессы менее развиты.

Однотипность развития опустынивания, спровоцированных антропогенными, зоогенными, климатическими и прочими факторами проявляется на площадях с равнинным или пологоволнистым рельефом.

Однотипность развития очагов опустынивания позволяет принять критерии допустимого обарханизания поверхности, за пределами которого уже идет спонтанное развитие процесса. Критической может считаться площадь занятая барханными песками в пределах 15–18%, при различной степени деградации растительного покрова на площади 70–75%.

В то же время на песчаной поверхности с осложненным рельефом (крупные заросшие грядовые пески, останцы, старицы и пр.) влияние различных факторов на процессы опустынивания (деградацию) ослаблены и носят локальный характер. Здесь сама орография местности препятствует развитию дефляционных процессов, ослабляет формирование новых эоловых форм.

В Центральной Азии естественный цикл зарастания подвижных эоловых форм завершается за 80–90 лет, когда формируется фитоценоз, близкий или аналогичный фоновому.

Мелиорация деградированных пастбищных угодий включает—первичную агролесомелиоративную адаптацию деградированных пастбищ и дальнейшее управление агроресурсным потенциалом через комплексную мелиорацию.

На первом этапе создаваемые агролесомелиоративные насаждения обеспечивают общую противодефляционную устойчивость территории. Защитные насаждения из древесно-кустарниковой растительности выполняют роль биокаркаса. Общая их площадь на мелиорируемой территории не превышает 3–6%.

На стабилизированных площадях без вмешательства человека чрезвычайно медленно протекают вторичные восстановительные сукцессии травянистого яруса. Флора его формируется из случайного набора малопродуктивных и практически не поедаемых видов. Даже в 60-летнем возрасте эти растения остаются доминирующими в травянистом покрове.

Для направленного развития сукцессий или иного использования земель предусмотрен второй этап, когда через комплексную мелиорацию на защищенных землях создаются либо высокопродуктивные пастбищные угодья, либо их использование ориентировано под другие виды сельскохозяйственных угодий (растениеводство, садоводство, виноградарство, бахчеводство и т.д.).

Применительно к задачам реконструкции растительности и повышения продуктивности аридных пастбищ целесообразно использовать концепцию адаптивной стратегии жизненных форм и цено-типов растений. Это возможно, если они конструируются по типу естественных зональных биоценологических структур для сочетания видов кормовых растений с различной стратегией жизни. Такие пастбищные агрофитоценозы представляют собой полидоминантные сообщества, состоящие из виолентных деревьев и эксилерентных растений, главным образом однолетников.

Для указанных целей целесообразно использовать также и принципы дифференцирования экологических ниш и принципы взаимодополняемости видов в процессе формирования пастбищных сообществ.

8.4. Мелиорация с использованием галофитов

Этот вид мелиорации в последние десятилетия находит все большее применение как биомелиорант засоленных земель, особенно возникших в результате вторичного засоления при орошении, площадь которых растет пропорционально расширению орошаемого клина. Центральной Азии крупномасштабные изменения особенно существенны при возделывании затопляемой культуры риса. Выводимые из сельскохозяйственного оборота земли оказываются сильно засоренными, Перспективным биомелиорантом таких земель могут служить различные галофиты. Прекрасные результаты в Центральной Азии показала культура солодки голой (*Glycyrrhiza glabra*). Способность ее выдерживать достаточно высокую минерализацию поливных и грунтовых вод при близком их залегании (1,5–2 м) позволяет на деградированных землях получать 8–10 т/га высокобелковых кормов и до 15 т/га солодкового (лакричного) корня — ценного лекарственного сырья. Как биомелиорант, солодка способна в монокультуре в течении десятков лет давать высокие урожаи. Растения галофиты широко используются и в мелиоративной практике. При облесении засоленных грунтов широко исполь-

зуются *Halocnenum strobilaceum*, *Niraria schoberi*, различные виды *Salsola*, *Frankenia*, *Suaeda* и других. Высокую хозяйственную ценность, как пастбищные кормовые растения, а также как источник топливной древесины представляют *Halohylon aphyllum*, многие виды тамарисков.

8.5. Полезащитное лесоразведение

Полезащитное лесоразведение выделяется как самостоятельное направление защитного лесоразведения. Оно предусматривает создание защитных лесных полос на землях сельскохозяйственного назначения. Прием давно и широко используется при обустройстве пастбищ и сельскохозяйственных угодий.

Для создания защитных лесных насаждений в зависимости от агроклиматических, гидрологических и эдафических условий используется различный ассортимент древесной и кустарниковой растительности целевого назначения, определяется конструкция защитных насаждений (плотные, продуваемые, ажурные) и пространственная ориентация. Расстояние между полосами в системе рассчитывается по формуле:

$$L = 10 \frac{1,2Vg}{V_m} 0,58H \quad (33)$$

где L — расстояние между полосами в системе; Vg — допустимые скорости ветра между полосами, не вызывающих потери почвы выше допустимого предела дефляции 0,05 т/га.ч; V_m — максимальные скорости ветра на высоте 10 м, обеспеченностью 1 раз в 5 лет; H — высота полосы защиты.

Примеров крупномасштабного освоения аридных и семиаридных территорий с использованием лесных культур достаточно. Заслуживает внимания опыт создания полезащитных насаждений в бывшем СССР, где работы выполнялись на основании принятой государственной программы в 1948 г.

В 1950–1960-х гг. в аридных и семиаридных районах Европейской части России (Северный Прикаспий, нижнее и среднее Поволжье) в общей сложности было создано лесных защитных насаждений на площади 3,5 млн. га, что позволило защитить 20 млн. га сельскохозяйственных угодий. Крупномасштабные работы аналогичного плана в настоящее время проводятся во многих странах. В Китае уже с 1990-х гг. ежегодный объем работ по защитному лесоразведению ежегодно превышает 1 млн. га.

Полезные лесные насаждения являются простым и экологически выгодным средством в борьбе с суховеями, засухами, эрозией почвы и опустыниванием. При правильном их размещении и разумном сочетании с другими агротехническими и гидротехническими мерами они становятся активным регулятором экологического и биологического баланса агроландшафтов, превращая их из степных в лесостепные. Агроресосистемы усиливают биоэнергетическую мощность сельскохозяйственных территориальных комплексов, повышают их организованность и устойчивость к неблагоприятным факторам среды, обогащают флору и фауну.

Защитные лесные насаждения агрономического назначения повышают биогенность агроландшафтов, обогащая трофические связи животных, птиц, насекомых, создавая своеобразные экологические ниши для полезной орнитофауны, насекомых-энтомофагов. Они служат удобными путями миграции для многих позвоночных животных и, наоборот, препятствием для распространения опасных сельскохозяйственных вредителей и болезней.

8.6. Массивное защитное лесоразведение

Выполняя примерно тоже функциональное влияние на окружающее пространство, массивные защитные лесонасаждения обеспечивают решение ряда стратегических задач природоохранного назначения. Неоценима их природоохранная и почвозащитная роль, а также влияние на перестройку социально-экономической структуры целых регионов.

На африканском континенте Судано-Сахельская засуха явилась как бы катализатором необходимости создания лесонасаждений в масштабах региона, которые известны как «зеленые пояса или барьеры» обустройство которых намечалось по северной и южной границам Сахары.

Работы указанного плана выполняются в Алжире с 1971 г. по созданию защитной лесной полосы вдоль Сахарского Атласа от Марокко до Туниса в степной зоне между изогиями 200–300 мм. Протяженность полосы планировалась в 1500 км, шириной 20 км. К 90 годам было выполнено более половины запланированных работ. Для посадок использовались сосна (*Pinus halepensis*) и *Stipetum teanacissima*, а также *Atriplex parvitolins*, *A. halimus*, *Pistacia atlantica*, *Lydeinu spartum*.

В 1977 г. в Нигере предпринята попытка создать зеленый пояс из древесной растительности в пределах страны через всю Сахеле-Суданскую зону. Протяженность зеленого пояса должна была составить 2000 км при ширине 250–300 км.

В Мали перспектива развития лесного хозяйства в аридном регионе была отражена в документе «Plan nationale de lutte contre la desertification et lavanse du desert 1985–2000». Между 16 и 17 параллелями от Мавритании на восток предполагалось создание зеленого пояса протяженностью 1500 км, шириной 5 км.

В Мавритании с 1976 по 1978 гг. осуществлялся проект по созданию зеленого пояса вокруг столицы Нуакшот, защищающего от наступления песков и пыльных бурь. Для посадок использовали *Prosopis chilensis* и *Euphorbia halsamifera*. Аналогичные работы выполнялись и планируются в других странах.

На этапах проектирования и реализации проектов было достаточно много обоснованной критики об эффективности создаваемых насаждений в борьбе с опустыниванием. Аргументом не в пользу региональных проектов обычно служил хорошо известный факт об ограниченном мелиоративном влиянии любого защитного насаждения.

В целом реализация запланированных проектов не выполнена и не дала ожидаемых результатов, но облегчила наработку приемов борьбы с опустыниванием и позволила приобрести опыт тропического лесоразведения. Создаваемые зеленые насаждения оказались чрезвычайно полезными при защите орошаемых земель, населенных пунктов, различных видов коммуникаций.

Примером эффективного использования лесонасаждений в целях защиты сельскохозяйственных угодий от песчаных заносов и выращивания древесины могут служить работы, выполненные в районе озера Оро (Республика Мали, 1982–1985 гг.), где были защищены от засыпания орошаемые земли, а культуры *Eucaliptus camaldulensis* и *Parkinsonia acculeata* на четвертый год уже имели запас древесины в пределах 20–30 м³/га и прирост 7–10 м³/га год.

Возможность выращивания массивных лесных насаждений с достаточно высоким ежегодным приростом древесины (до 10 м³/га) использовалась в Рекомендациях по созданию специализированных плантаций. В частности, плантаций по выращиванию древесины на топливо и строительные нужды рекомендовано закладывать вблизи населенных пунктов. Считается, что только в этом случае появится реальная возможность удовлетворить потребность городского населения в топливе, исключить вырубку деревьев на пастбищах.

Согласно подсчетам, для северного региона Республики Мали (регион Томбукту), где в населенных пунктах проживает около 60 тыс. человек, годовая потребность в древесине в 36 тыс. м³ могла бы быть обеспечена насаждением площадью 3 600 га (продуктивность насаждения в 10-летнем возрасте — 100 м³, годовая лесосека с 10-летнего возраста 360 га).

Эффективность создаваемых древесных насаждений оказалась особенно велика в районах интенсивного пастбищного скотоводства. Защитные насаждения на пастбищных участках, кроме общего мелиоративного влияния, играют роль дополнительного источника корма. При саванном размещении древостоя в рационе животных 20% корма составляют плоды и семена. В этих районах целенаправленный подбор древесных пород позволяет существенно перестроить кормовую базу. В Сахельской зоне очень перспективны — рожковое дерево (*Ceratonia siligna*), мескитное дерево (*Prosopis juliflora*), и один из видов гледичии (*Gleditsia triacanthos*). Эти культуры теоретически могут увеличить продуктивность пастбищ на 50 ц/га.

8.7. Флористический состав сельскохозяйственных культур, используемых в аридных регионах и растений биомелиорантов

На орошении в аридных районах возделывается практически весь известный флористический набор культурных растений — злаки, бобовые, в том числе тропического и субтропического генезиса, технические, овощные, бахчевые, плодовые, виноград, цитрусовые и т.д. Видовое разнообразие этих растений районировано по зонам, регионам с определенными агроклиматическими условиями. Из продовольственных зерновых это — ячмень, пшеница, просо, кукуруза; из бобовых — горох, фасоль, соя; из фуражных — овес, ячмень; из кормовых — клевер, люцерна, сорго кормовое (*Sorghum almum*), просо противоядное (*Panicum antidotale*), суданская трава (*Sorghum sudanense*), долихос обыкновенный (*Dolichos lablab*), вигна (*Vigna*), соя культурная (*Glycine max*), солодка (*Glycyrrhiza glabra*) и др.; из овощных — томаты, огурцы, баклажаны, кабачки, перцы, морковь, капуста; из бахчевых — арбузы, дыни, тыквы; из технических — хлопчатник, сахарный тростник, подсолнечник, свекла. Ограничений по выращиванию плодовых в аридных условиях нет. Они представлены всем спектром семечковых и

косточковых. К примеру, виноград представлен более 2500 сортами (винные, десертные, кишмишные). Из цитрусовых распространены — апельсины, мандарины, лимоны, грейпфруты. В каждом регионе широко представлены также местные экзоты и эндемики (например, в странах Аравийского полуострова, Северной Африки и Южной Америки — пальмы, кактусы, бананы, ананасы и др.).

Флористический состав растений, используемый для увеличения продуктивности пастбищ также разнообразен. Однако есть определенная ориентация на бобовые, хорошо произрастающие при осадках 250–500 мм. Это специфичные виды люцерны, клевера, некоторые виды полукустарников. Крупномасштабные работы в этом направлении выполнены в Австралии, где за 30 лет удалось за счет бобовых существенно увеличить кормовую емкость пастбищ и на 400% увеличить поголовье скота.

В Северной Африке и Ближнем Востоке имеются огромные территории, освоение которых под травы может привести к увеличению поголовья овец примерно на 100 млн. голов. Использование бобовых трав эффективно и в Сахельской зоне в районах, где выпадает осадков 250–400 мм/год.

Ассортимент пород, используемых для облесения, закрепления подвижных песков, а также для повышения продуктивности деградированных пастбищ, состоит преимущественно из местных растений (эндемики). Используются также растения, из других пустынь адаптированные к местным условиям. В богарных условиях, использование только этих растений, обеспечивает успешное осуществление работ по фитомелиорации песков. В их число входят деревья, кустарники, полукустарники, многолетние и однолетние травы из семейств *Gramineae*, *Chenopodiaceae*, *Leguminosae*, *Compositae* и др. Общим для всех этих видов является их сходная экология, свойственная псаммофильным растениям.

В Средней Азии для закрепления песков широко используются растения рода *Calligonum* из семейства *Polygonaceae*. Из крупнокустарниковых (до 4 м) используются *C. caput medusae*, *C. arborescens*, *C. eriopodum*, *C. elatum*, а из мелкокустарниковых — *C. turkestanicum*, *C. aphyllum*, *C. rotulae* и *C. setosum*.

Широко используются также: кустарник средней (до 4,5 м) величины — белый саксаул (*Haloxylon persicum*); черный саксаул (*Haloxylon aphyllum*) — крупный кустарник, иногда дерево высотой до 8 м; черkez Рихтера (*Salsola richteri*) — кустарниковая солянка высотой 2–2,5 м; черkez Палецкого (*S. poletzkiiana*) — крупная кустарниковая солянка; песчаная акация Конноли (*Ammodendron*

conollyi) — дерево из семейства бобовых высотой от 3 до 8 м; песчаная акация Карелина (*A. karelini*); астрагал (*Astragalus pancijngiu*, *A. unifoliolatus*) — мелкие кустарники высотой до 1; шелюга каспийская (*Salix caspica*) и шелюга красная (*S. acutifolia*) — быстро растущие и хорошо ветвящиеся кустарники высотой до 3 м; тамариски (виды рода *Tamarix* — *T. ramosissima*, *T. laxa*, *T. szovitsiana*, *T. dungt*, *T. elangata*, *T. androssiwi* и др.) — кустарники высотой до 4–6 м; сарсазан шишковатый (*Halocnemum strobilaceum*) — стелющийся безлистный кустарник высотой до 50 см, с густоветвистыми, часто укореняющимися ветвями. Веточки зеленые, сочные, членистые. Особенно пригодны для закрепления засоленных участков селитрянки, заманиха (*Nitraria schoberi*, *N. komarovi*) — кустарники высотой до 1,5 м с цельными очередными листьями, культивируется на засоленных песках.

Из полукустарничков используется полынь песчаная (*Artemisia arenaria*), крупное растение высотой до 1–1,5 м с сильным кушением, обладает способностью образовывать большое количество придаточных корней на стеблях как при засыпании их песком, так и при посадке частями кустов и черенками.

Из многолетних травянистых растений используются колосняк гигантский (*Elymus giganteus*), житняк сибирский или песчаный (*Agropyrum sibiricum*), аристида Карелина (*Aristida karelini*), а из однолетних трав — кумарчики (*Agriophyllum arenarium*, *A. latifolium*, *A. minus*), гораниновия (*Horaninowia ulicina*).

В умеренных восточных районах Азии в фитомелиоративных целях используются: из древесных пород — *Populus simonii*, *P. diversifolia*, *Elaeagnus moorcroftii*, *Salix matsutana*, *Ulmus pumila*, *U. horusalba*, *Robinia pseudoacacia*; из кустарников — *Caragana microphylla*, *Hedysarum scoparium*, *H. mongolicum*, *Atraphaxis frutescens*, *Ammopiptanthus mongolicus*, *Calligonum mongolicum*, *Salix flavida*, *S. cheilophila*, *Tamarix ramosissima*, *T. chinensis*, *Halophyllum aphyllum*, *Nitraria schoberi*, *Artemisia ordosica*, *A. sphaerocephala*, *A. halodendron*, а также *Psammodesia villosa* и др.

Ассортимент растений-пескоукрепителей для субтропических и тропических областей Азии, Индии, Пакистана значительно отличается от ассортимента более северных умеренных широт. Здесь используются древесные растения — *Prosopis spicigera*, *P. juliflora*, *P. glandulosa*, *Acacia senegal*, *A. arabica*, *Casuarina eguisetifolia*, *Tamarix aphylla*, *T. articulata*, *Capparis aphylla*, *Rucimus communis*, *Septadenia pyrotechnica*, *Calligonum polygonoides*, а также травянистые виды — *Arundo donax*, дикие сахарные тростники (*Saccharum*

spontanеum, *S. munja*), местные псаммофильные злаки (*Cenchrus ciliaris*, *C. biflorus*, *Andropogon elongatum*, *Panicum antidotale*, *Elymus hirsutus* и др.).

В Северной Африке и на Ближнем Востоке растения-пескоукрепители в основном субтропического генезиса. Часто они представлены теми же видами, что и в песчаных пустынях Индии и Пакистана — казуарина, тамариски, клещевина, арундо и т.д. Здесь широко культивируются австралийские эвкалипты (*Eucalyptus gomphocephala*, *E. camaldulensi*).

Из аборигенных растений на приморских песках в Северной Африке на участках с близкими грунтовыми водами могут выращиваться сосны (*Pinus pinaster*, *P. halepensis*, *P. varitima*). Для более суровых условий пригодны культуры следующих кустарников: акация (*Acacia cyanophylla*, *A. cyclops*, *A. arabica*), селитрянки (*Nitraria retusa*), джужгун (*Calligonum comosum*, *C. azel*, *C. arich*), ретама (*Retaia raetam*), из многолетних трав — селины (виды рода *Aristida*), песколуб (*Ammophila arenaria*), а также *Agropyrum junceum*, *Imperata cylindrica*, *Pennisetum dichotomum* и др.

Ассортимент растений-пескоукрепителей Южной Африки состоит из аборигенных и интродуцированных видов. Так на песках Калахари и Намиба выращиваются только интродуценты — эвкалипты, казуарина, средиземноморская сосна и акации. Среди аборигенов кустарников ценными являются — мионорум (*Myoporum insulare*), восковница (*Myrica cordifolia*), лептоспермум (*Leptospermum discolor*), маталария (*Metalsia muricata*), стобе (*Stoebe vulgaris*), акантозициое (*Acanthosicyos horrida*). Из многолетних трав для закрепления песков используют как интродуценты (*Ammophila arenaria*), так и местные виды (*Aristida kalahariensis*, *A. brevisfolia*, *Zygochloa stapfii*).

В пустынях Австралии для закрепления подвижных песков используют древесную и кустарниковую растительность. Широко используются эндемичные для Австралии виды эвкалиптов, казуарина хвощевидная (*Casuarina eguiseifolia*), банксия (*Banksia integrifolia*), акации (виды рода *Acacia*). Из кустарниковых используются лебеда кустарниковая (*Atriplex vesicaria*), а также многочисленные псаммофитные травы: *Spinifex hirsutus*, *Triodia basedovii*, *Pennisetum clancinum* и др. Из интродуцированных растений широко используются псаммофильный злак *Ammophila arenaria*.

В подвижных песках Северной и Центральной Америки культивируется в основном кустарниковая и травянистая растительность с целью дальнейшего использования этих территорий под выпас.

Из древесных пород распространение получила *Prosopis juliflora*, из кустарниковых — полыни (*Artemisia tridentata*, *A. filifolia*), лебеда (*Atriplex canescen*) и др. Ассортимент используемой травянистой растительности очень широк. Это и интродуцированные (*Elymus giganteus*, *Ammophila arenaria*) и местные виды (*Agropyron smithi*, *Andropogon scoparius*, *A. gerardi*, *Boutelona curtipendula*, *B. gracilis*, *Panicum virgatum* и др.).

Жесткие условия местообитания в пустынях Южной Америке (Атакама, Патагония) predeterminedили использование ограниченного ассортимента растений-пескоукрепителей, устойчивых к засухе и засолению. Это местные древесные виды — *Prosopis argentina*, *P. strombulifera*, *P. tamarugo*, *P. chiliensis*. Используемая кустарниковая растительность в основном представлена интродуцентами: *Atriplex nummularia*, *A. semibaccata*, *Kochia brevifolia*.

9. ОСНОВНЫЕ ИНЖЕНЕРНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

В данной главе приводятся сведения об инженерно-биологических сооружениях, применяемых на различных территориях для решения определенных целей. Выбор отдельных сооружений производится принимая во внимание расположение местности, подъездные пути, трудовые и финансовые ресурсы, время года, проблемы и цели проводимых мероприятий. (Проводимые мероприятия можно применять в различных ландшафтах: равнинах, горных реках, водохранилищах и пр.). Большинство рисунков взято из пособия Ф. Флоринета «Инженерная биология», Вена, 2004 г.

9.1. Хворостяной настил

Хворостяной настил сооружают из ветвей ивы, которые укладываются плотно друг к другу на склон поперечно течению, а имеющиеся промежутки закрывают более тонкими ветвями. Для оптимального развития этой конструкции необходимо, чтобы толстые концы ветвей ивы находились в воде, чтобы обеспечить их оптимальное водоснабжение. Основание склона является фундаментом для этого сооружения, поэтому его необходимо укрепить при помощи опорной стены, свежесрубленных деревьев, фашин или каменных блоков. Ветви ивы крепко связываются кокосовой веревкой, проволокой или придавливаются деревянными жердями, привязанными к кольям.

Недостатком веревки из кокосовой пальмы является то, что при попадании влаги она растягивается, и ветви уже не так плотно прижимаются к земле. Кроме того, она, спустя примерно 1,5 года, начинает разлагаться. При высоких нагрузках деревянные колья должны располагаться через 1,0–1,2 м. Укрытие ветвей ивы песчаным гравием должно быть не более 3–4 см, иначе молодые побеги могут погибнуть. Хворостяной настил из ивы целесообразно сооружать поздней осенью, чтобы побеги смогли укорениться, и уже следующей весной могли быть хорошей защитой при наводнениях.

Хворостяной настил, по сравнению с остальными инженерно-биологическими строительными методами, выдерживает очень

высокие нагрузки. Область применения его универсальна, однако, прежде всего, он подходит для укрепления крутых берегов, которые подвергаются высокой гидравлической нагрузке.

Между плотно уложенными ветвями ивы (которые должны состоять из разных видов) для повышения видового разнообразия, целесообразно укладывать сеянцы или саженцы широколиственных растений, причём вершина побегов должна выступать до 20 см над поверхностью земли.

На берегах, которые необходимо укреплять при помощи камыша, подобные настилы можно сооружать из стеблей камыша (настил из камыша).

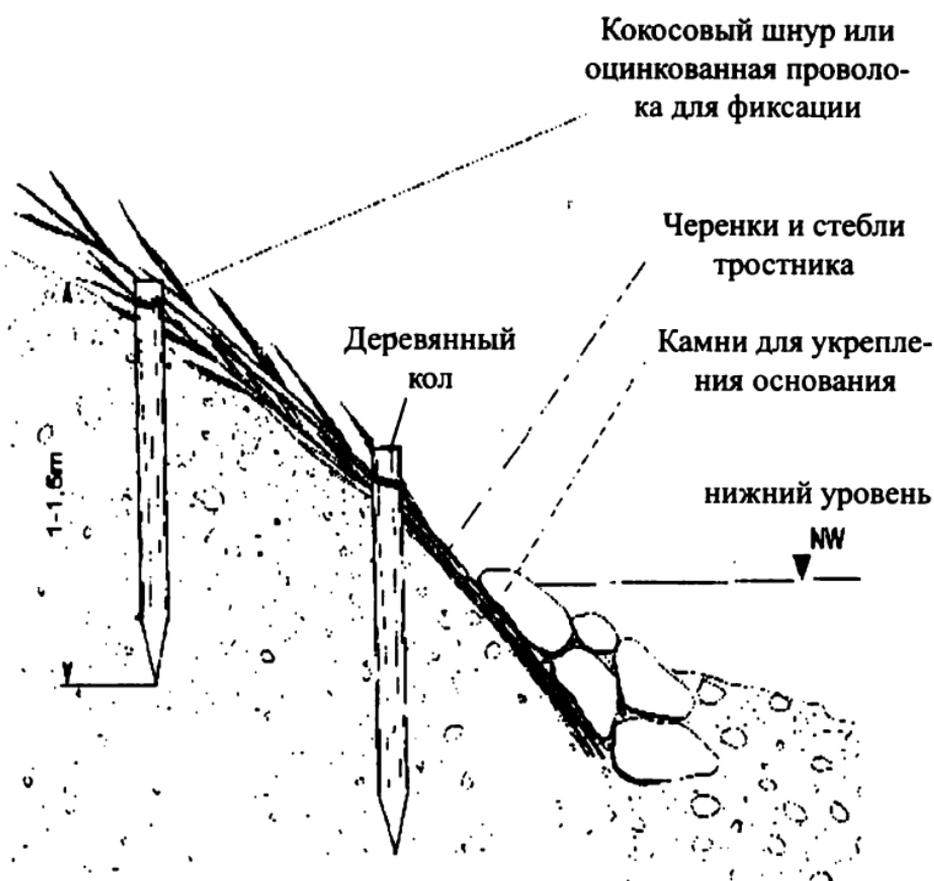


РИС. 33. Настил из камыша.

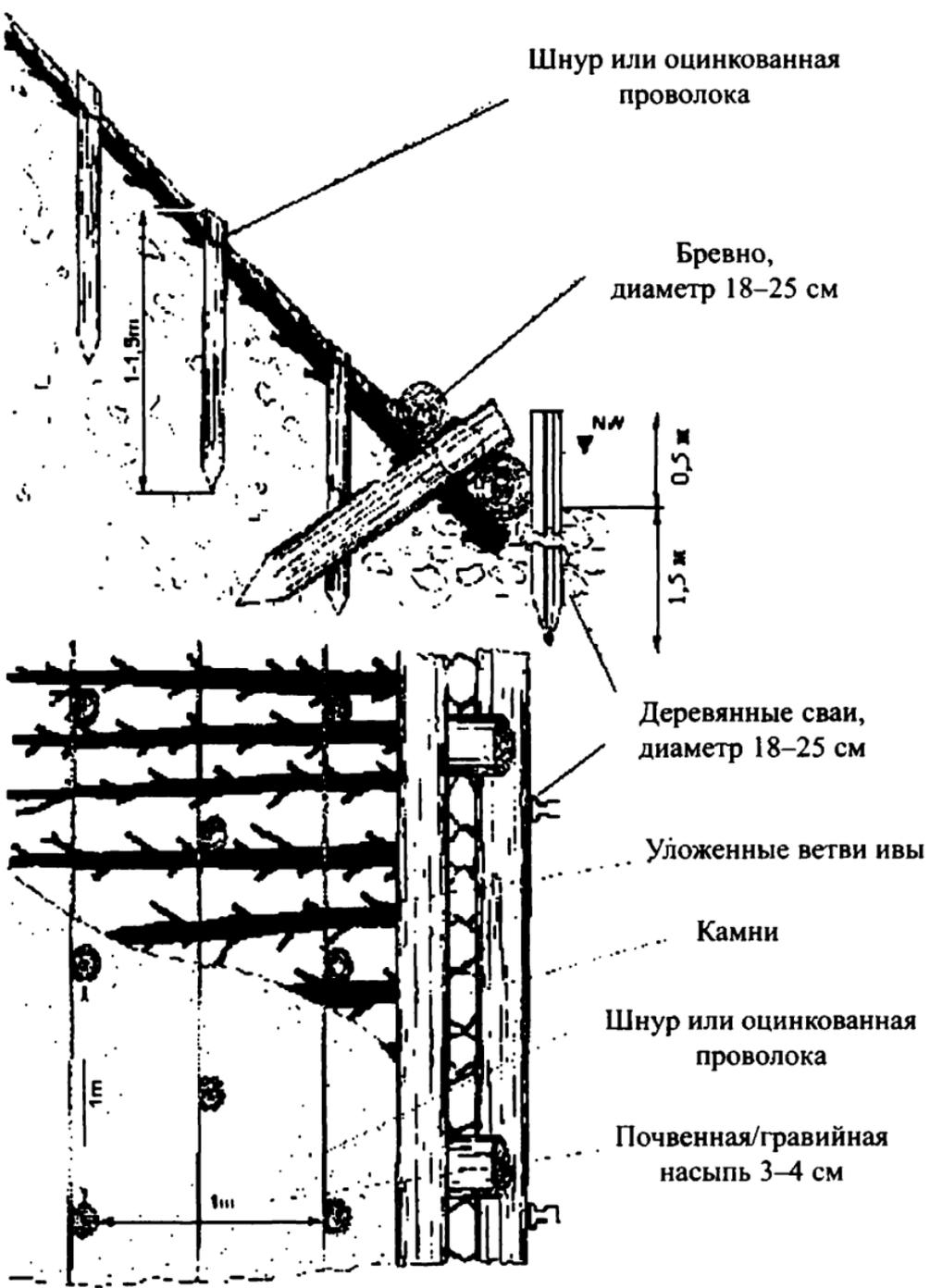


РИС. 34. Хворостяной настил из ивы и деревянная опорная стена для укрепления подножья склона.

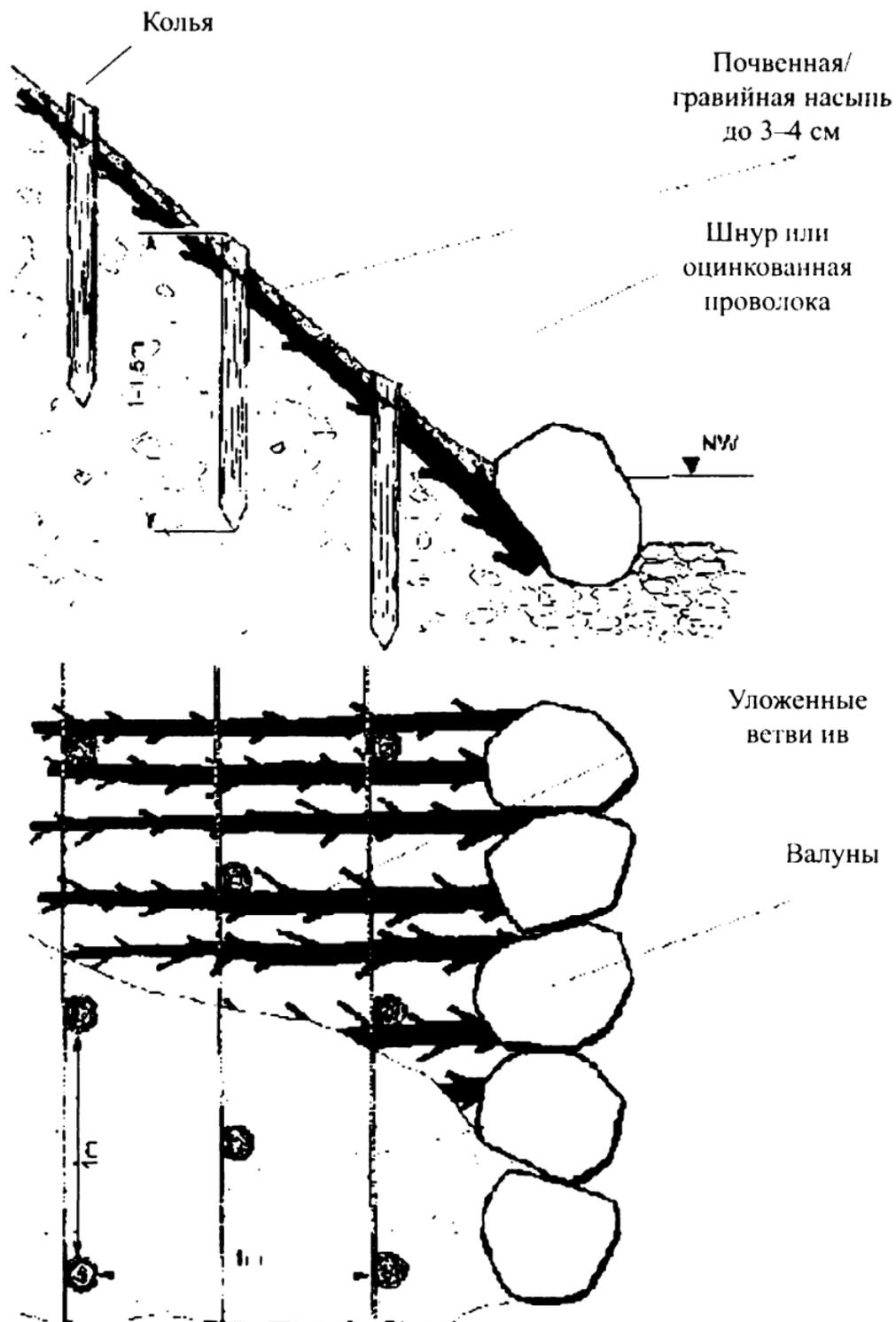
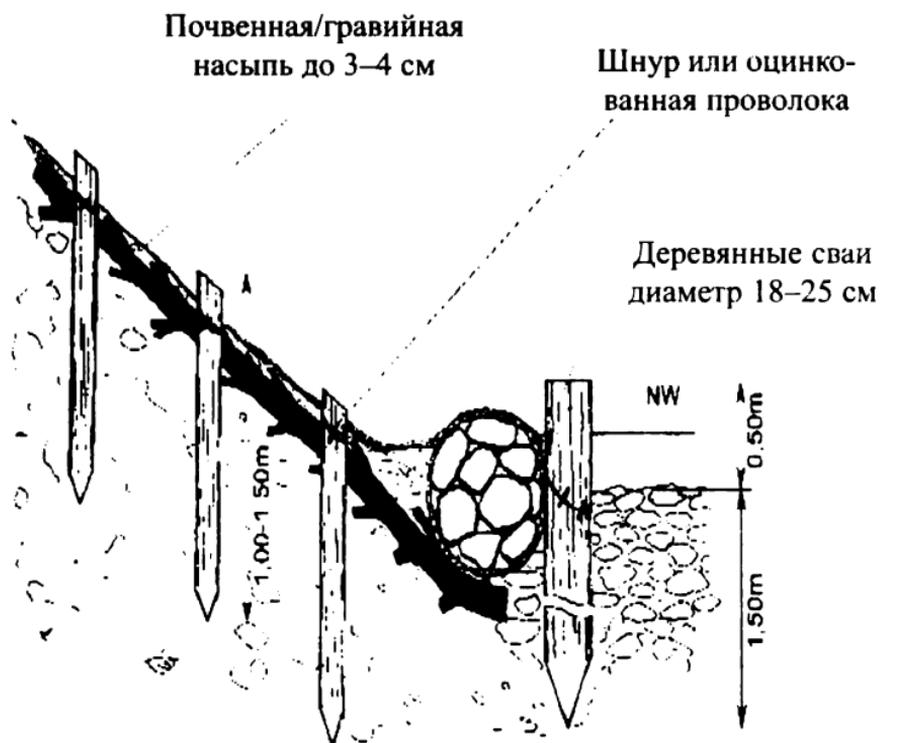


РИС. 35. Хворостяной настил из ивы и укрепление основания берега валунами.



Уложенные ветви ив

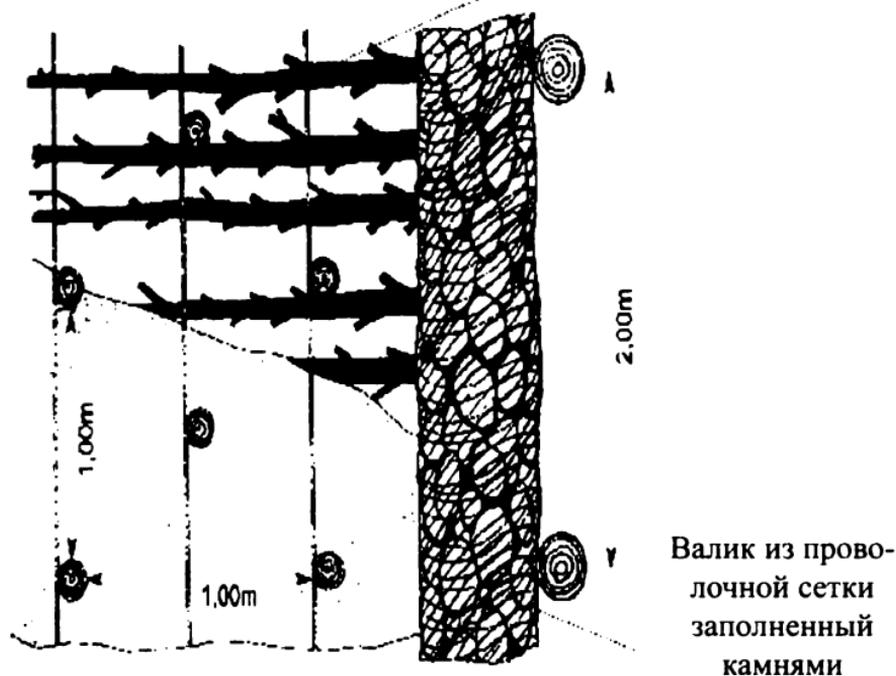


РИС. 36. Хворостяной настил из ивы и укрепление основания берега проволочной сеткой с камнями.

9.2. Фашины из ивы и утяжеленные фашины

Фашинами называются связанные между собой в нескольких местах пучки ветвей. При сооружении фашин из ивы ветви укладываются на землю или на деревянную доску, на расстоянии 1,0 м их перевязывают проволокой так, чтобы получились толстые пучки диаметром 30–40 см. Длина зависит, прежде всего, от того, какие строительные приспособления будут использованы и какое количество

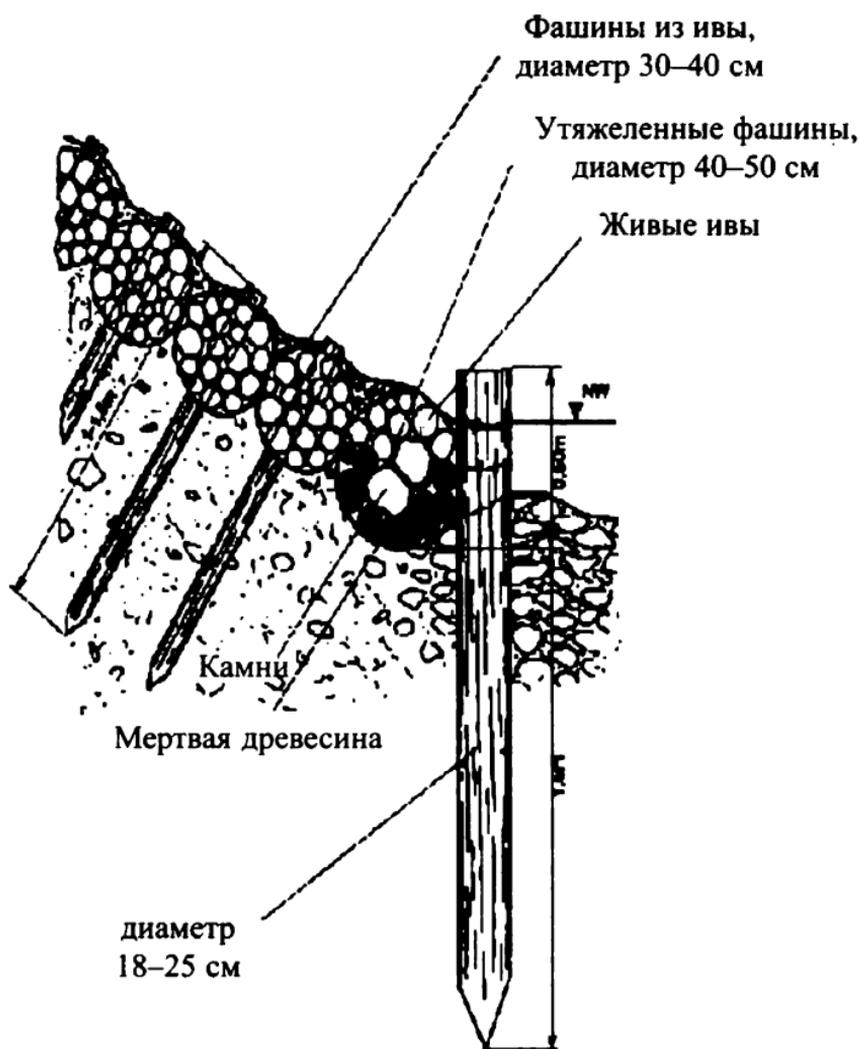


РИС. 37. Ряд фашин с утяжеленной фашиной, установленной для укрепления основания склона.

людей будет задействовано при транспортировке. Фашины закрепляют при помощи деревянных кольев длиной 1,0–1,5 м, которые вбиваются через 1,5 м.

Фашины подходят как для укрепления подножия склона, так и для укрепления пологих береговых откосов, которые подвержены высоким нагрузкам. Для оптимального развития растительности они должны быть хорошо закреплены в почве, при этом склон не должен быть круче, чем 1:3, иначе возникнет угроза высыхания побегов. После закрепления фашины прикрывают слоем гравия 3–4 см толщиной, чтобы предохранить их от иссушения. Так же, как и настил из хвороста ивовые фашины являются быстрой и эффективной защитой от эрозии и выполняют эти функции сразу после укладки.

Для повышения видового разнообразия в фашины вкладывают другие виды широколиственных древесных растений, способных размножаться вегетативным путём.

Утяжеленные фашины — это пучки толщиной 30–60 см из неживых, в большинстве случаев крепких сучьев, которые в середине наполняют камнями для предотвращения всплывания. Эти фашины собирают непосредственно на том месте, где их будут укладывать и прикрепляют к ранее вбитым деревянным кольям. Используют для укрепления подножья склона под водой.

9.3. Стена из фашин

Стена из фашин — это очень эффективный строительный метод, предназначена для защиты небольшой части склона. Она состоит из фашин, которые укладываются друг на друга и закрепленных деревянными сваями. В результате вертикального расположения верхние ветви затеняют нижние, и это ведет к ухудшению и последующей гибели части проросших побегов. Поэтому высота стена не должна быть более 1,0 м и использоваться, в основном там, где из-за недостатка площади необходим вертикальный строительный метод.

Длительность существования этого сооружения зависит от прочности опорной деревянной стены. Если стена затапливается, а вышележащий участок склона дополнительно не защищён, то поверхность склона, находящаяся за фашинами может разрушаться. Кроме того, следует учитывать, что вдоль стены может наблюдаться линейная эрозия.

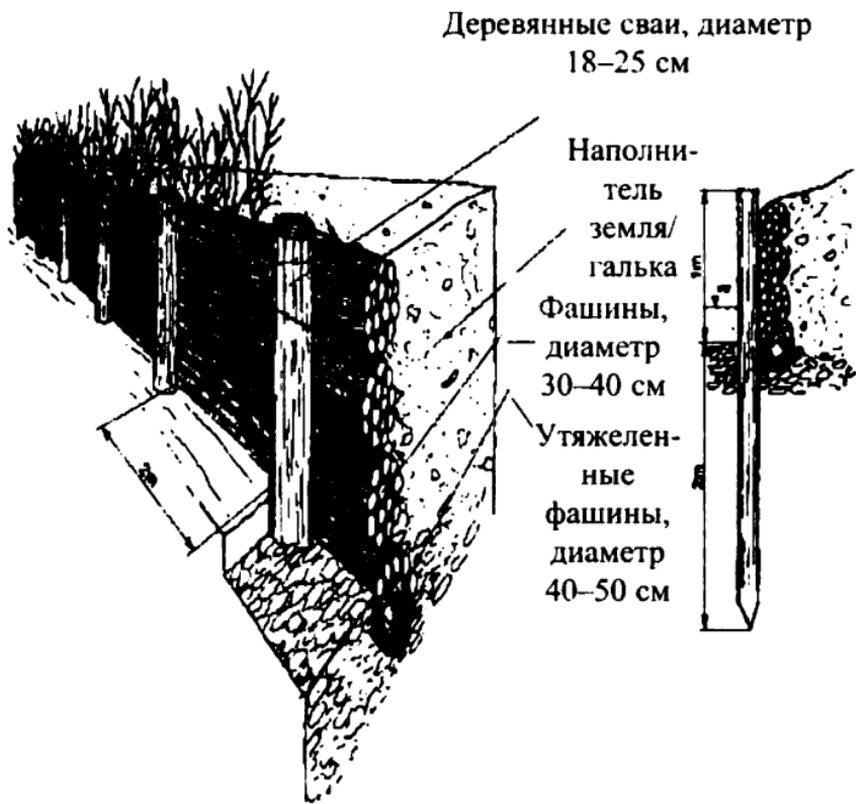


РИС. 38. Стена из фашин.

9.4. Фашины из ивы с уложенными между ними черенками

Фашины укладывают по течению, а черенки высаживают на склоне между ними поперёк течения. Для посадки используют черенки диаметром 3–8 см и длиной 100–150 см. Их укладывают под углом 10–30%, через 10–15 см и придавливают фашинами, оставляя над поверхностью земли на 20–30 см. Фашины укрепляют с помощью деревянных кольев. Уложенные черенки и фашины присыпают землей с песком или гравием, щебнем.

По причине неровной поверхности, выступающих черенков при значительной скорости течения происходит вымывание фашин. Поэтому эту конструкцию не рекомендуется применять на длительно затопляемых участках и при сильном течении.

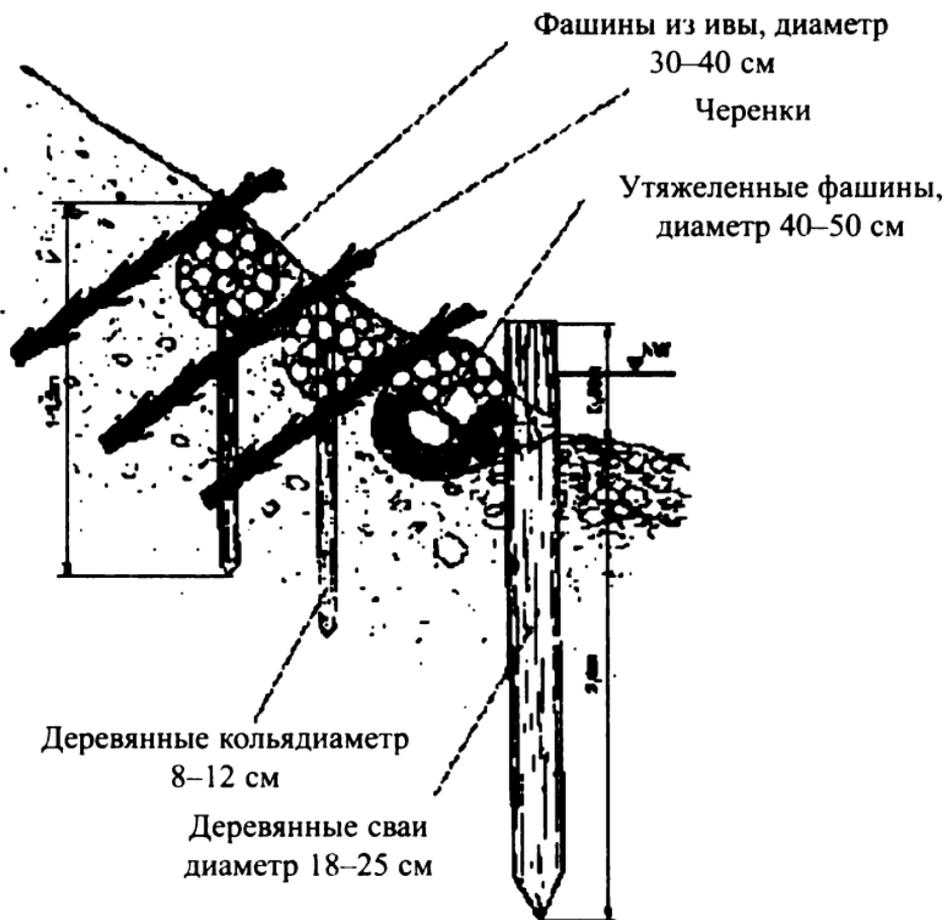


РИС. 39. Фашины из ивы и уложенные между ними черенки.

9.5. Мягкий габион из геотекстиля с озеленением

Укладывают ленты из геотекстиля и сверху на них насыпают грунт. Оставшуюся часть геотекстиля закрепляют деревянными кольями, чтобы образовалась компактная упаковка. Между ними укладывают черенки. В гидротехнике используют хорошо перегнивающий геотекстиль из кокосовой ткани. Уклон склона не должен быть круче естественного откоса. В качестве насыпного материала используют почву, гравий, причем верхний слой должен составлять крупный гравий. При их укладке между ними, а также на черенок насыпают гравий слоем 5–10 см.

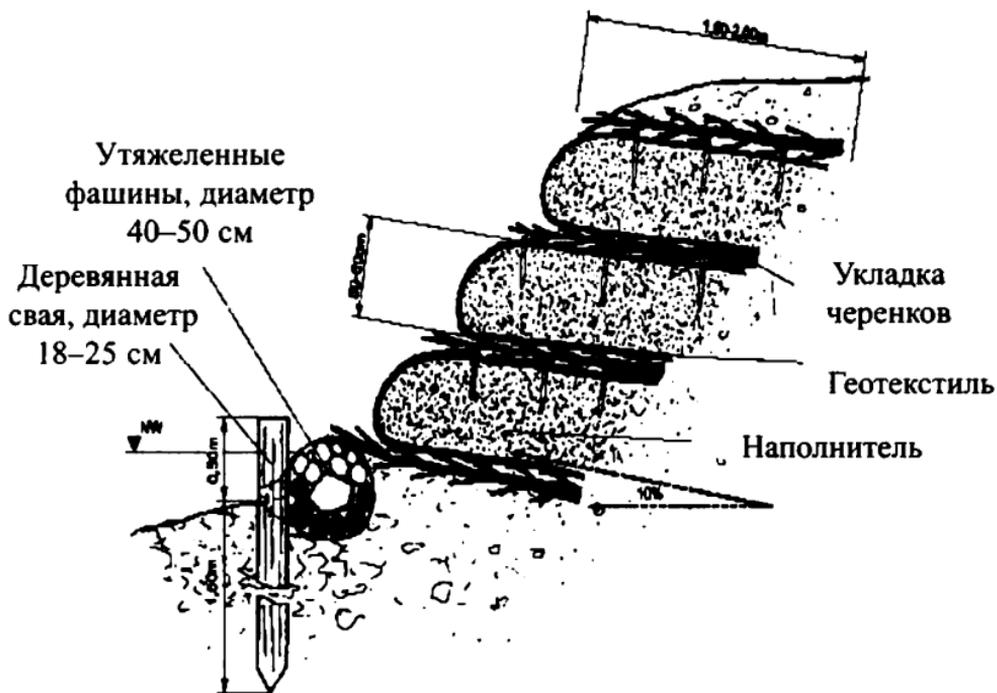


РИС. 40. Мягкий габион с озеленением.

Используют черенки ивы толщиной 3–8 см и длиной 1,5–2,0 м. Их укладывают под наклоном 10–30% и на расстоянии через 10 см. Во избежание возможных повреждений уложенные черенки должны выступать из склона не более чем на 10–20 см. Эти конструкции не рекомендуется применять на участках длительного затопления, где геотекстильные упаковки могут быть размывы.

9.6. Цилиндрическая фашина из камыша и цилиндрический габион

Цилиндрические фашины изготавливаются из проволочной сетки или геотекстильного плетеного материала. Цилиндрические фашины из камыша примерно на две трети наполняют небольшими камнями, а в верхней части располагают корневища камыша. Их используют для стоячих водоемов или водоемов с небольшим течением без значительных донных наносов (макс. мелкозернистые пески).

Цилиндрическая фашина
из камыша, диаметр
30–40см

Проволочный валик,
заполненный камнями
диаметр 50–60см (цилинд-
рический габион)

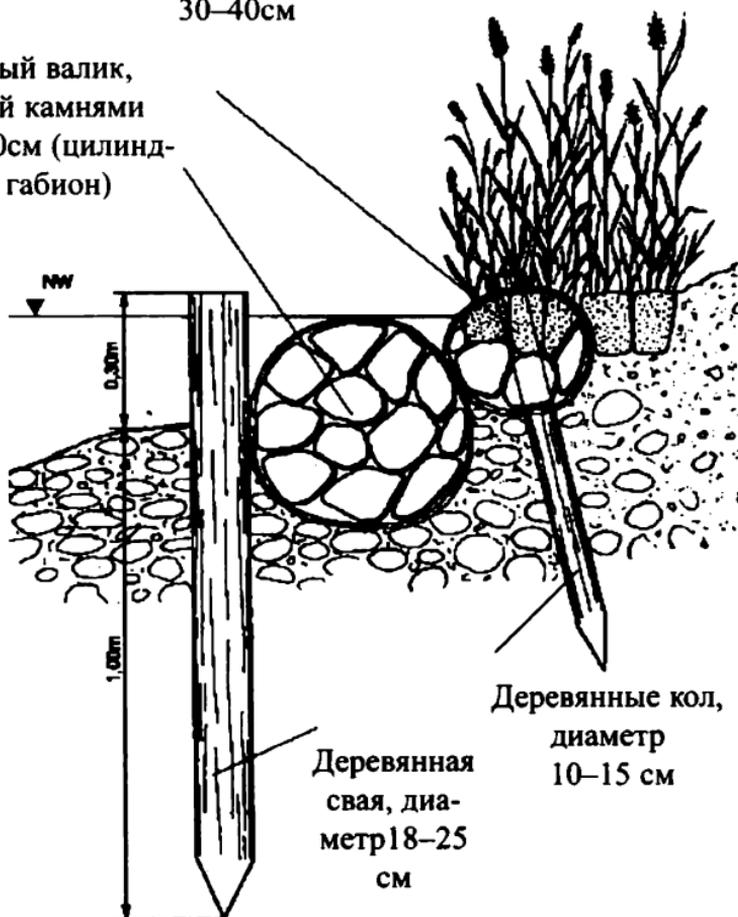


РИС. 41. Цилиндрическая фашина из камыша с цилиндрическим габионом для укрепления основания сооружения.

Цилиндрический габион — это округлые габионы из проволоки и камня, в верхней части которых могут прикрепляться живые ветви ивы. После установки ветви ивы слегка присыпают землёй. Изготовление их трудоёмкая работа, но, тем не менее, они хорошо подходят для укрепления основания инженерно-биологических конструкций. С экологической точки зрения возникают проблемы, связанные с попаданием рыбы в сеть, заполненную камнями.

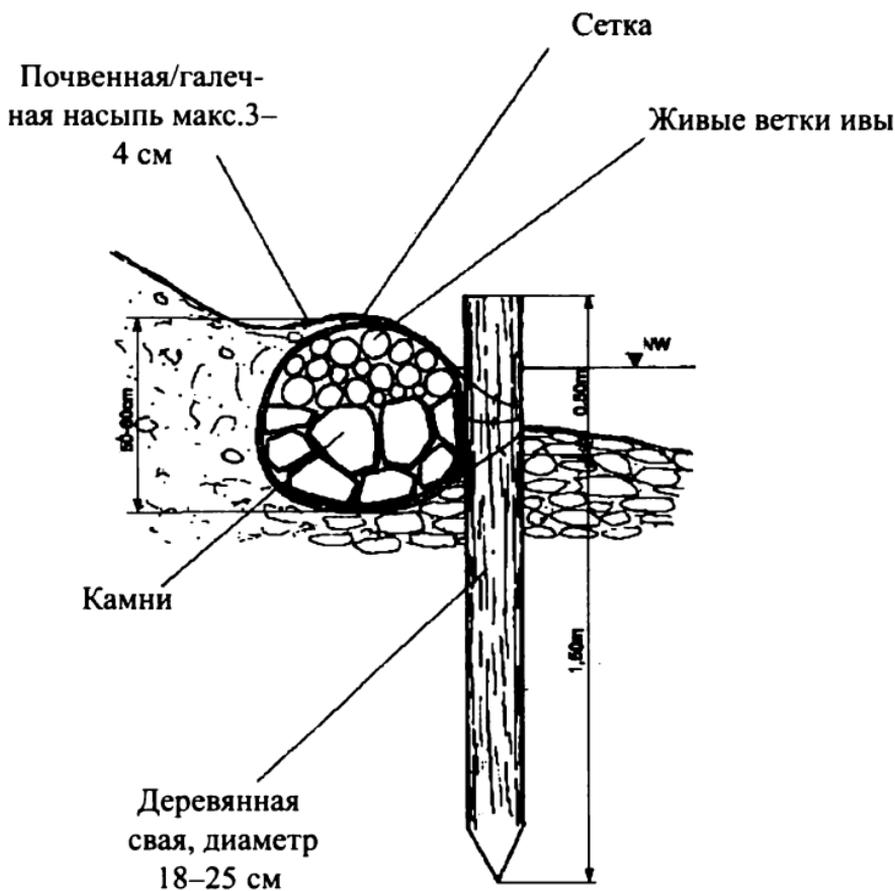


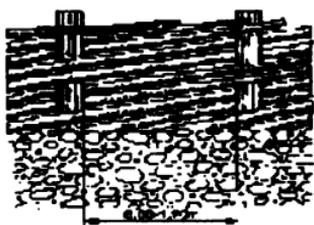
РИС. 42. Цилиндрический габион с ветвями ивы.

9.7. Плетеная изгородь

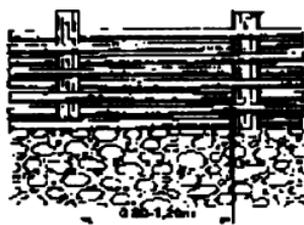
Плетеные изгороди довольно часто применяют для защиты от эрозии поверхностного слоя почвы на склонах, длинах балок, оврагов. Однако из-за недостатка влаги на склонах они сильно осушаются и не дают хорошего результата. Эти сооружения лучше подходят в условиях хорошего увлажнения, где побеги могут укореняться и более эффективно выполнять защитные функции.

Плетеные изгороди сооружают высотой 50 см. Этим обеспечивается укоренения побегов. Они могут выдерживать достаточно сильные нагрузки, если используются ветви толщиной 3-8 см. Расстояние между деревянными опорами не должно быть более чем

Диагональное
плетение



Горизонтальное
плетение



Деревянная опора,
диаметр 12–15 см

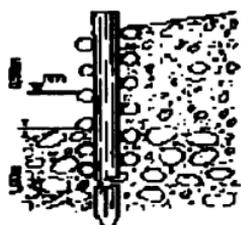


РИС. 43. Плетеные изгороди (диагональное
и горизонтальное плетение).

1,0–1,2 м, иначе изгородь теряет прочность. Диаметр деревянных опор 12–15 см.

Для плетения применяют прочные эластичные ветви ивы (не ломкие виды ив), которые перед этим замачивают в воде, чтобы они не ломались при плетении. Ветви попеременно переплетают вокруг деревянных опор, при этом начинать следует с толстого конца со стороны откоса. Концы ветвей должны располагаться по течению. При недостаточном уровне воды косое плетение изгороди более подходящие. Этим обеспечивается водоснабжение побегов.

Из-за небольшой высоты плетеная изгородь в первую очередь предназначена для защиты небольших рытвин, кюветов, с периодическим затоплением. В отличие от других инженерно-биологических конструкций на создание изгороди требуется незначительные затраты и они просты в изготовлении.

9.8. Сооружение из пней

Живые или сухие пни древесных растений, плотно устанавливают друг к другу на склоне и привязываются к ранее вбитым деревянным сваям при помощи стального троса. Пустоты между корнями закапывают камнями и речным материалом. При использовании для укрепления речных берегов при затоплении высокой

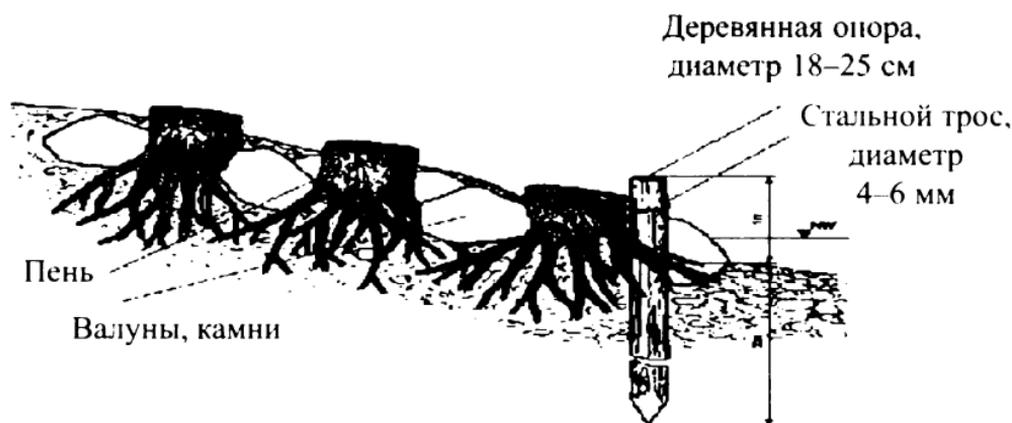


РИС. 44. Сооружения из пней.

турбулентности, вызываемой пнями, возможны эрозийные процессы на склоне. Поэтому это сооружение имеет ограниченную сферу действия и предназначено для укрепления низких берегов. Оно так же может применяться в качестве основы для формирования островков и других мест, где нет больших гидравлических сил и допускаются небольшие повреждения. В целом пни с корнями хорошо укрепляют склон. При этом они не должны возвышаться над поверхностью более чем на 20 см.

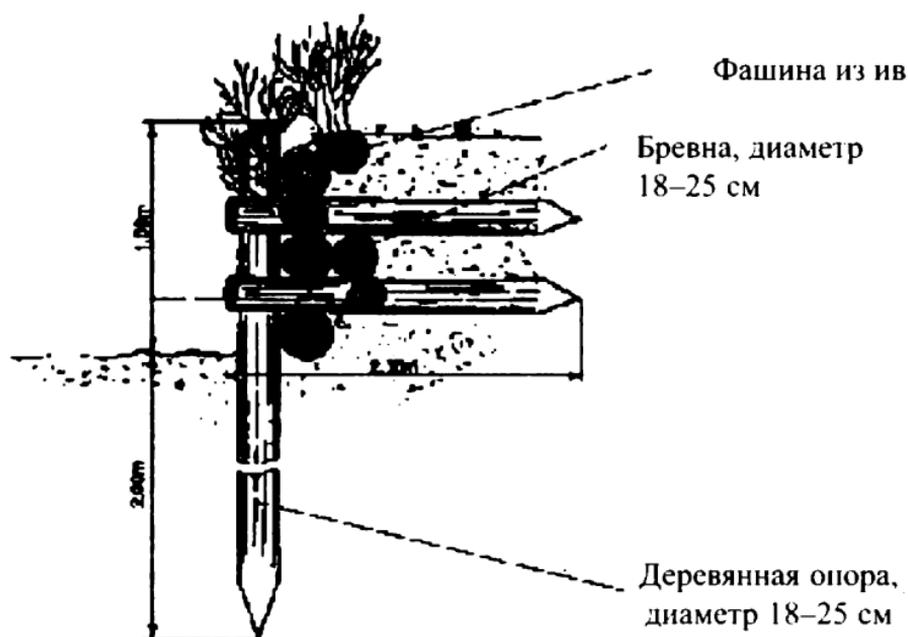


РИС. 45. Вертикальная стена из бревен для укрепления берега.

9.9. Стена из бревен (свай, кольев)

На протяжении нескольких столетий этот строительный метод используется для укрепления склонов. К вертикально вбитым деревянным сваям (в большинстве случаев их длина составляет 3 м, причем 2/3 вбиваются в землю) изнутри болтами прикрепляют бревна и поперечно на них кладутся в направлении склона «зубья».

Стена из бревен может быть построена также в форме ступеней, что обеспечивает более высокую стабильность, лучшее закрепление склона и более естественный вид берега

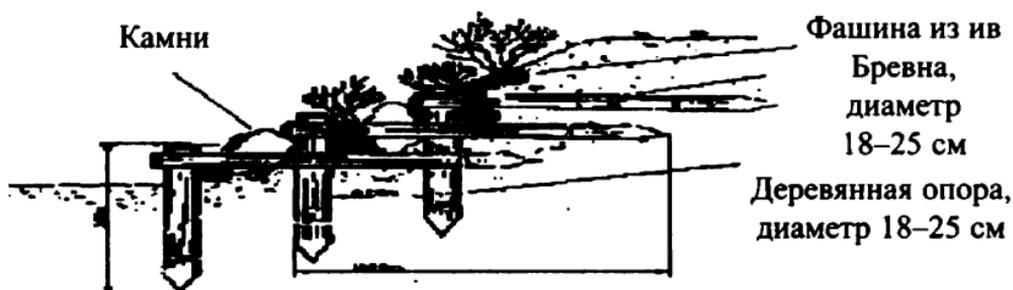


РИС. 46. Ступенчатая стена из бревен.

9.10. Подпорная береговая стена

При строительстве опорной береговой стены железные сваи, бревна толщиной 18–20 см соединяются болтами друг с другом в форме ящика. Поперечные бревна с зазубриной укладываются попеременно друг над другом. Внутренняя часть со стороны воды заполняется фашинами из ветвей ивы, сзади насыпают гравий. Фашины также должны быть слегка присыпаны для укоренения. Под водой опорные стены укрепляют мелкими камнями и фашинами из сухих веток.

В речном строительстве нет большой необходимости использовать глинистые материалы в качестве защиты от эрозии, поскольку вымывание грунта предотвращают сами фашины.



РИС. 47. Подпорная стена, укрепленная фашинами и камнями.

9.11. Укрепление откосов саженцами и кольями

При укреплении откосов саженцами и кольями, последние вбивают в землю. Затем горизонтально друг на друга плотно укладывают жерди (бревна) и крепят их скобами, болтами. Со стороны

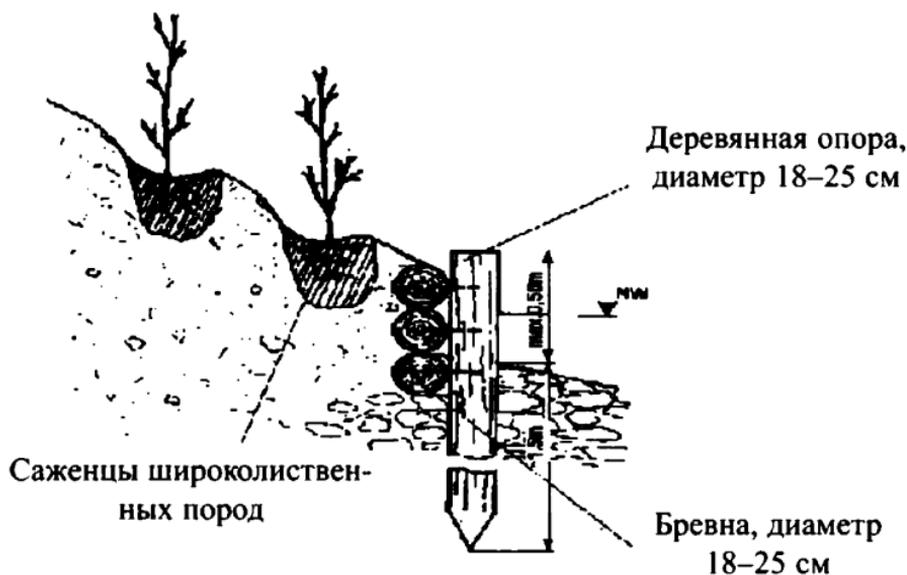


РИС. 48. Укрепление при помощи саженцев и кольев.

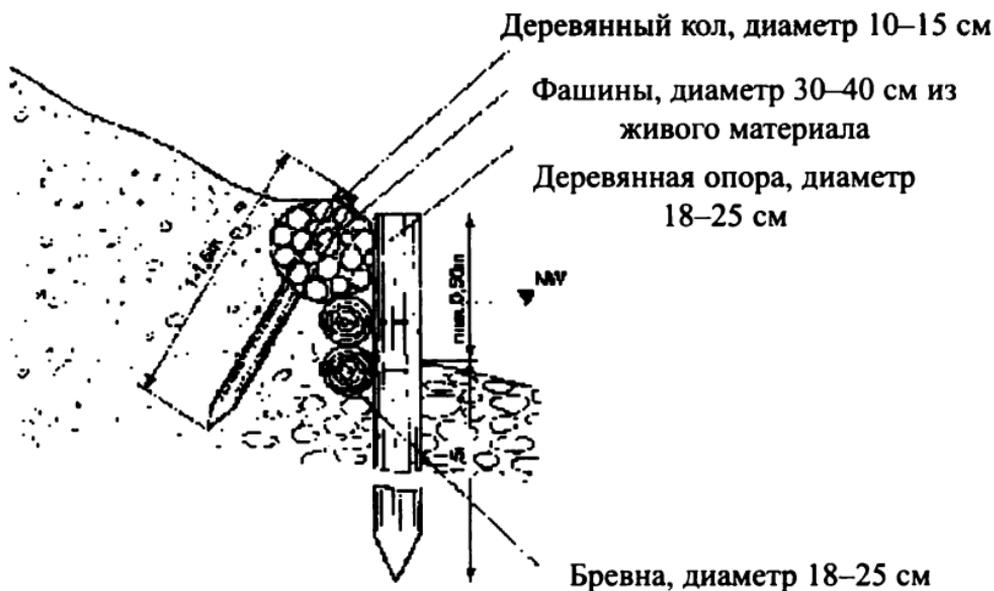


РИС. 49. Укрепление кольями и фашинами.

откоса насыпают грунт. Выше по склону высаживаются растения. После гниения древесины корни деревьев укрепляют склон.

В качестве одного из вариантов вместо жердей (бревен) используют доски, которые прибиваются к внутренней стороне деревянных опор.

9.12. Защита из свежесрубленных деревьев

Защита берегов при помощи свежесрубленных деревьев — один из старых методов. Применяется в качестве краткосрочной меры после наводнения, для укрепления размывших или обрушенных берегов от дальнейшей эрозии. Это сооружение предотвращает прямое действие водного потока и уменьшает его скорость, благодаря чему у берега откладываются наносы. Лучшие результаты получены при использовании свежесрубленных густых хвойных деревьев с эластичными ветвями (ель, пихта). Их укладывают кроной в направление течения и закрепляют кольями, сваями или канатом (тросом). При небольшом течении для предотвращения сноса деревьев их утяжеляют за счет прикрепления бандажа из камней, бетона, металла.

Для длительной защиты поврежденных участков необходимы дополнительные инженерно-биологические мероприятия.

9.13. Сооружение из ветвей и грунта

Сооружение из ветвей и грунта по Вальтлю (Waltl) применяется для укрепления береговых размывов, оползней. Ветви и грунт (материал наносов) укладываются поочередно несколькими слоями. Слой из ветвей (сухие ветви, сучья или другая мёртвая древесина) засыпают грунтом так, чтобы все промежутки между ветвями были заполнены, (этим предотвращается усадка конструкции). Верхний слой веток состоит из живого растительного материала, который присыпается грунтом высотой 3–4 см.

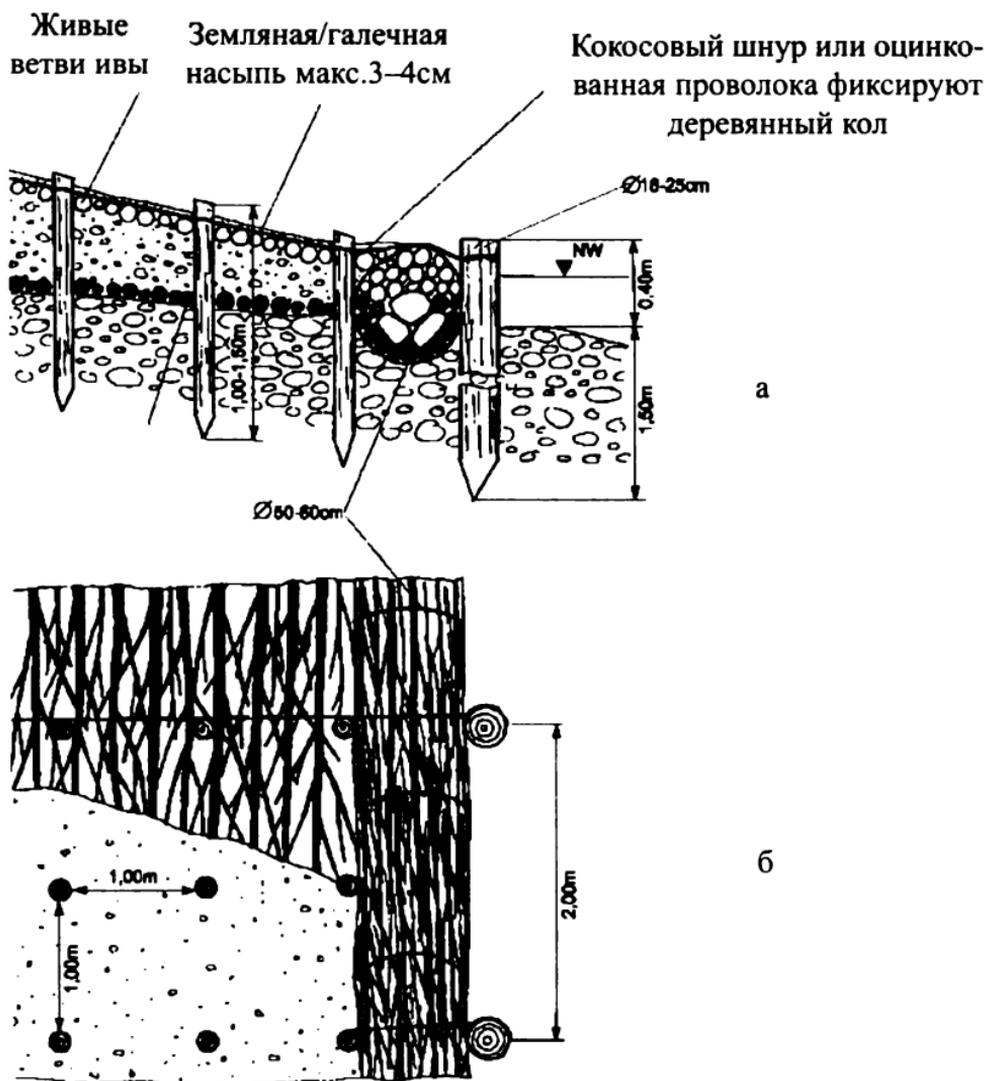


РИС. 52. Сооружение из ветвей и грунта: а) в поперечном направлении; б) в продольном направлении.

9.14. Забор для образования отмелей

Эта конструкция состоит из рядов столбов, диаметром 18–25 см, которые вбивают по направлению или поперёк течения через 2 м. Со стороны воды к ним прибивают крепкие деревянные брусья или жерди. Вертикальные зазоры между брусьями определяют количество наносов. Это сооружение отклоняет течение, вследствие чего берег защищается от разрушения и появляются речные наносы. Применяется для создания отмелей, прежде всего, на поворотах рек.

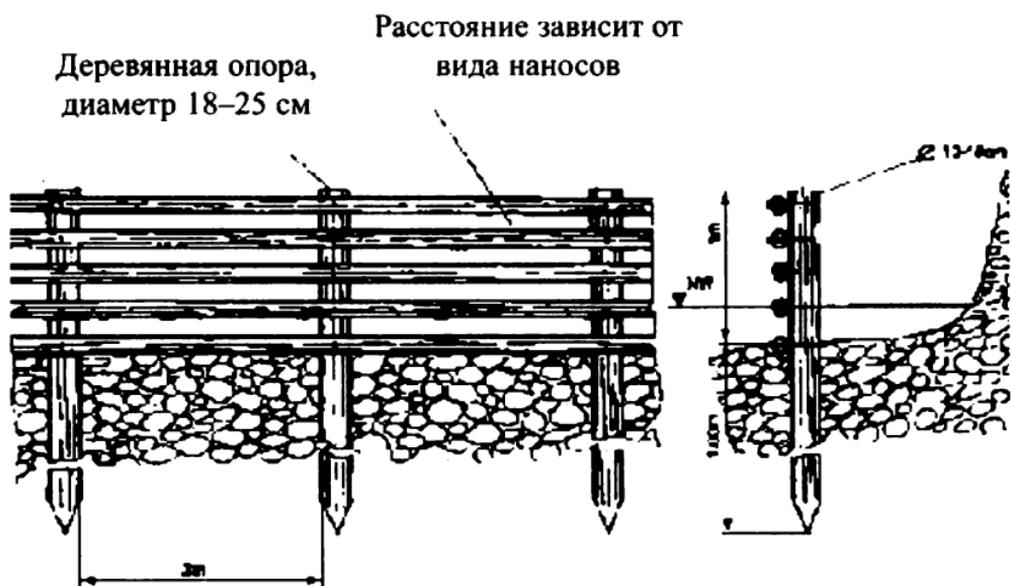


РИС. 53. Забор для образования отмелей.

9.15. Прерывистая дамба на мелководном побережье

Прерывистая дамба на мелководном побережье — это широко распространенное на севере Германии сооружение, задачей которого является укрепление берегов водоёмов и тростниковых зон. Эти сооружения снижают энергию волн, образующихся ветром или

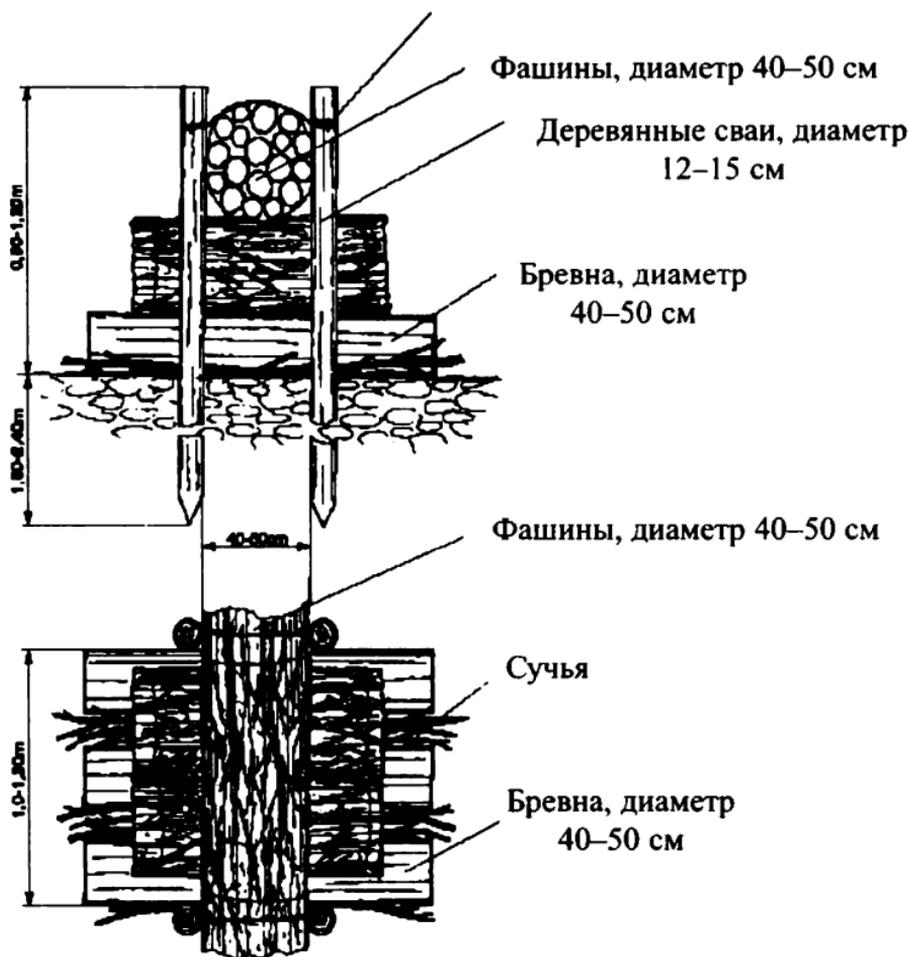


РИС. 54. Прерывистая дамба на мелководном побережье.

моторными лодками. При их создании в землю вбивают два ряда деревянных столбов на расстоянии 40–50 см. Промежутки заполняют фашинами, ветвями или бревнами. Их скрепляют проволокой или стальными канатами между собой для предотвращения всплывания (рис. 54)

Если оба ряда из деревянных столбов переплетаются ветвями, то это сооружение получило название плетеная прерывистая дамба на мелководном побережье.

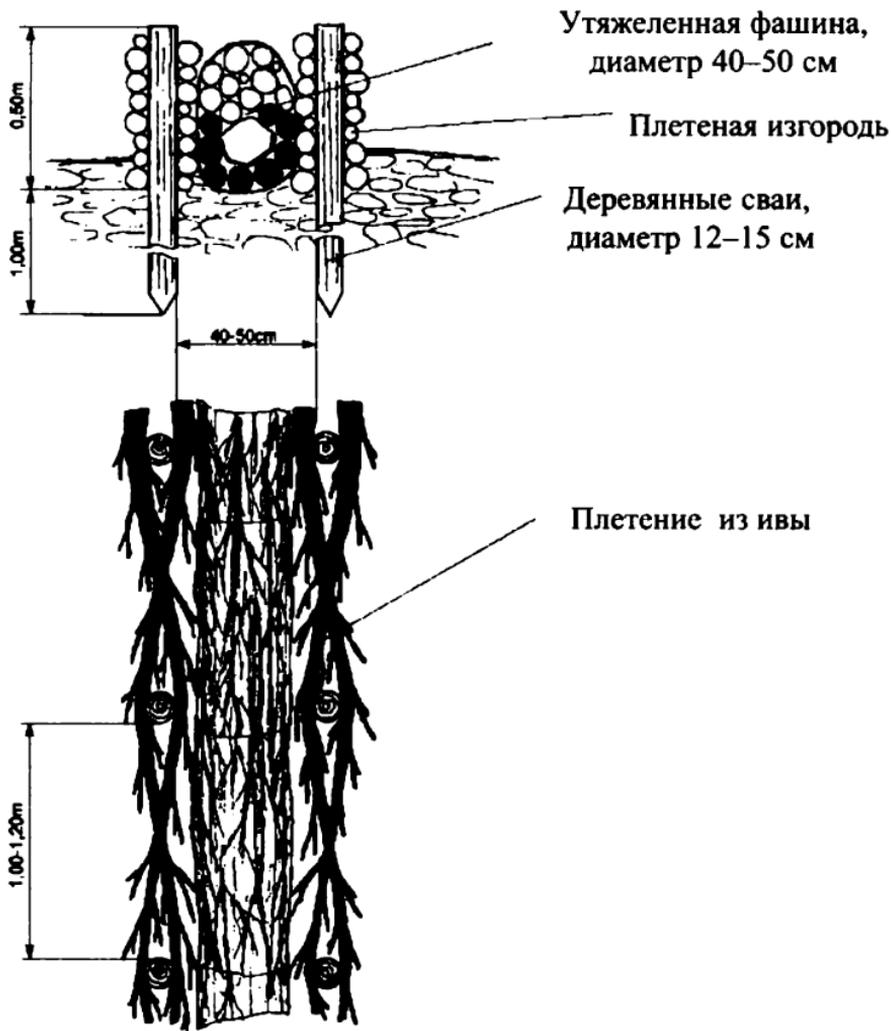


РИС. 55. Плетеная прерывистая дамба на мелководном побережье.

9.16. Буны из живых растений

Буна — это сооружение в виде поперечной дамбы, предназначенной для регулирования водного потока и защиты берегов и основания различных сооружений от размыва. Они применяются для местного изменения силы водного потока и используются, в основном, в проточных водоёмах, шириной свыше 10 м. Различают буны для низкого, среднего и высокого уровня воды. По положению — вертикальные и наклонные буны (установленные против течения и по течению). По форме буны бывают треугольными, прямоугольными, округленными, крючкообразными и др. По применяемым

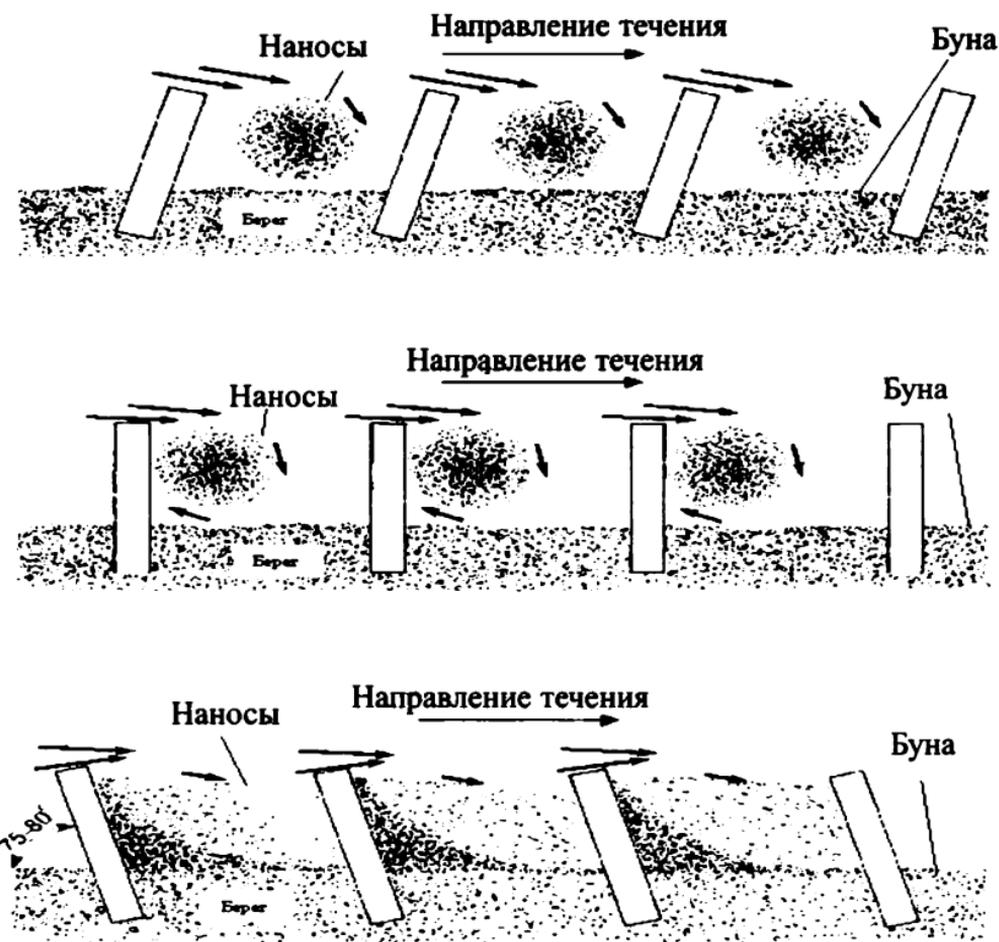


РИС. 56. Принцип воздействия различных по положению бун.

материалам различают каменоблочные, из габиона, из свежесрубленных деревьев, из фашин, из ветвей, кольев, опорных стен, плетней (рис. 56–61). Для берегоукрепления более эффективны буны, расположенные против течения под углом 75–80°. На основных участках буны не целесообразно располагать друг от друга, более чем в 1,5–2,5 раза больше своей длины. В противном случае течение может разрушить берег. Между бунами откладываются наносы и образуются участки со слабым течением. Эти межбунные пространства имеют большое экологическое значение, являясь естественным местом обитания растений и размножения водных обитателей. При устанавливании отдельных бун или их групп на местах с низким уровнем воды создаются дополнительные излуины, что ведёт к большому оживлению водоёма.

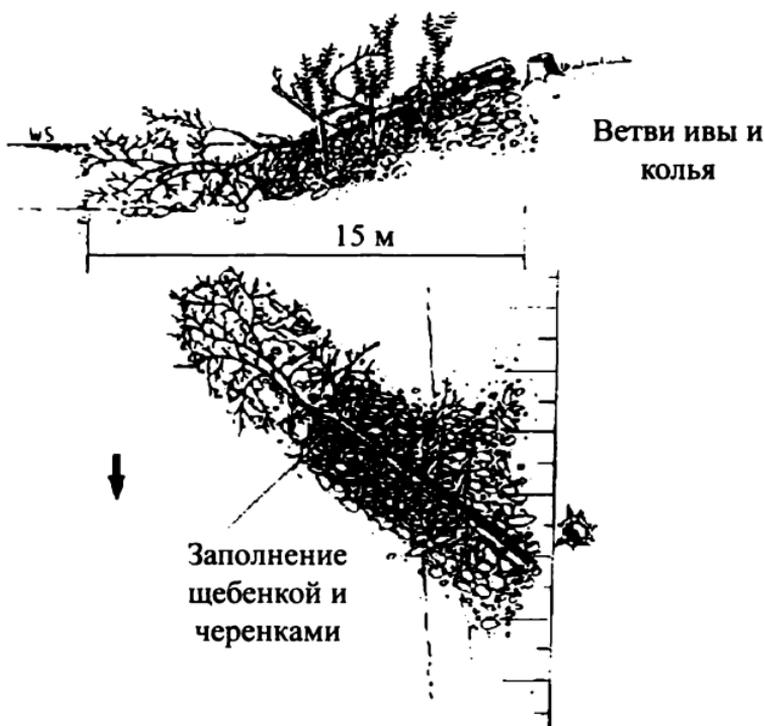


РИС. 57. Буна из свежесрубленных деревьев.

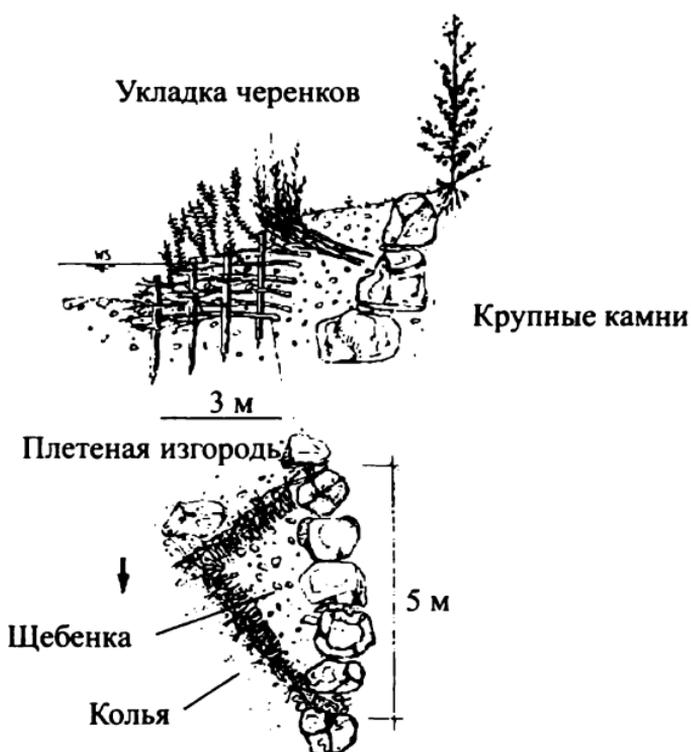


РИС. 58. Плетёные буны.

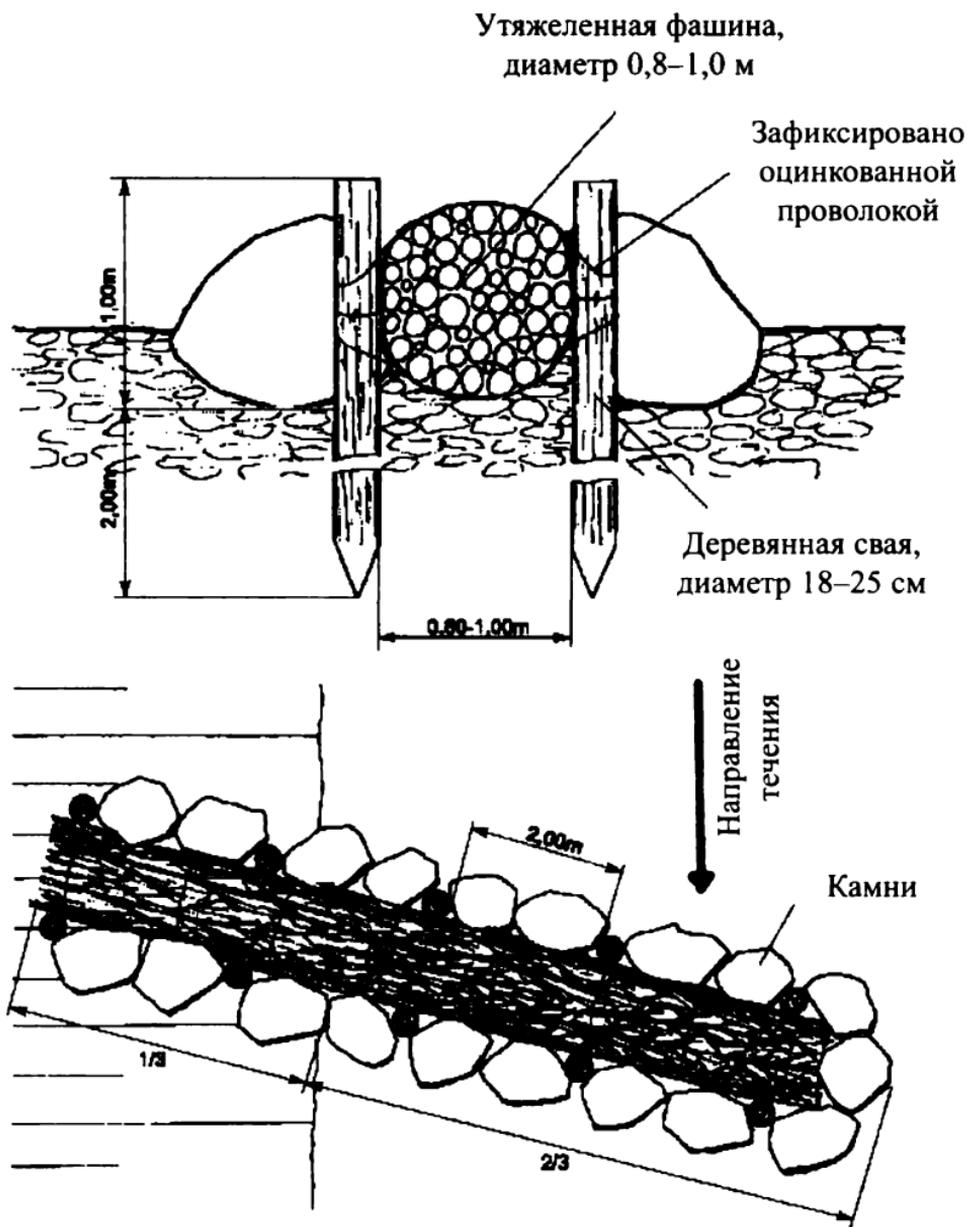


РИС. 59. Буны из фашин, укреплённых камнями.

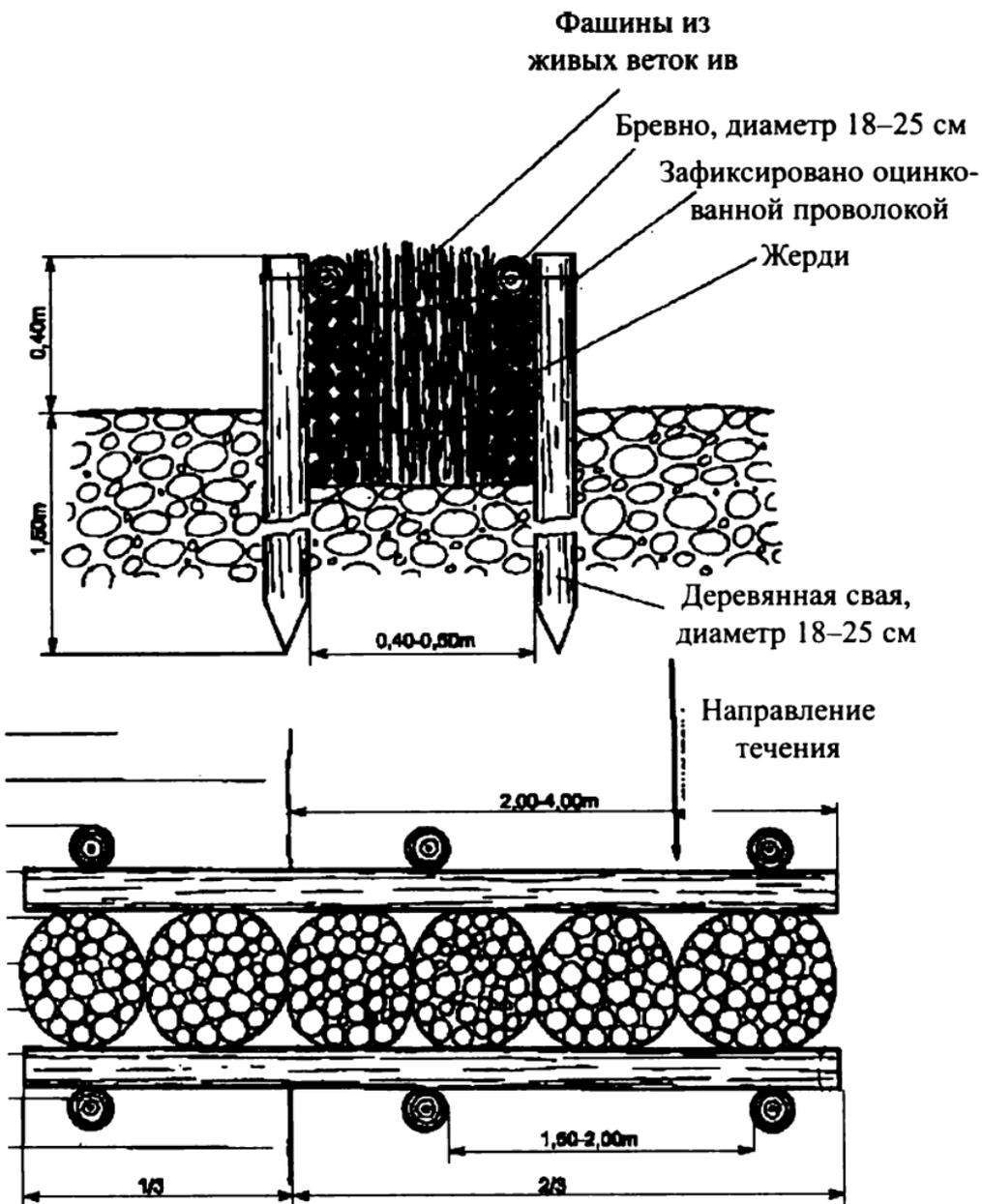


РИС. 60. Буна с вертикальным расположением фашин.

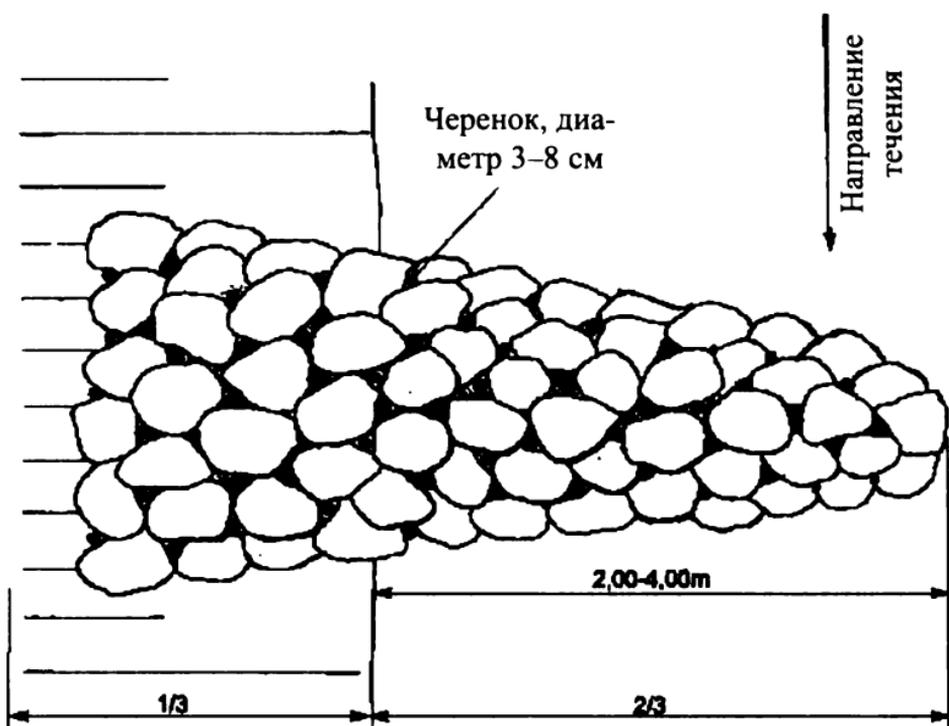
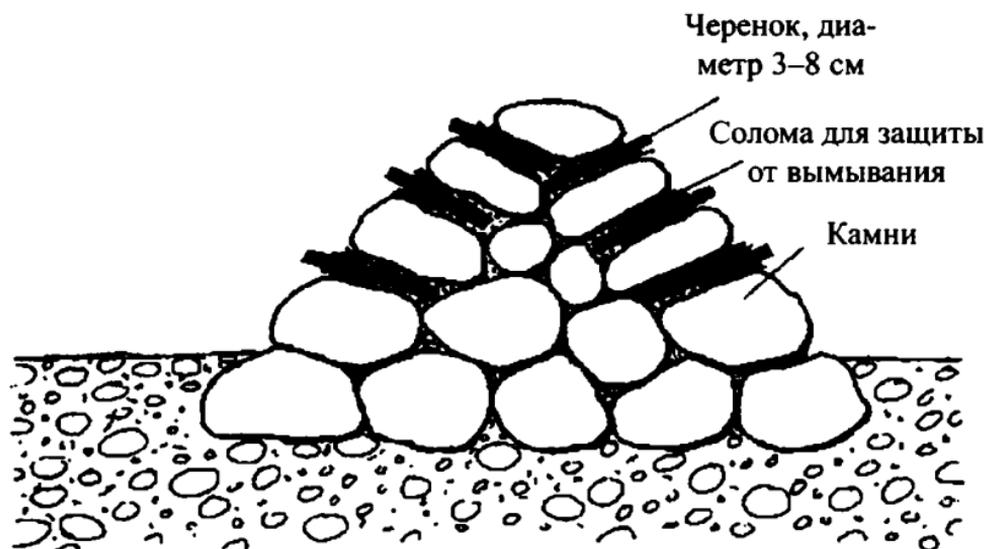


РИС. 61. Буны из крупных камней.

9.17. Водные преграды из ветвей

Водные преграды из ветвей ивы создаются вблизи берега и служат для образования отмелей около эрозионных участков. При строительстве поперёк течения выкапывают углубления и укладывают в них ветви. Для лучшего укоренения, канавы заполняют галькой или щебнем. Сверху ветви придавливают валунами или цилинд-

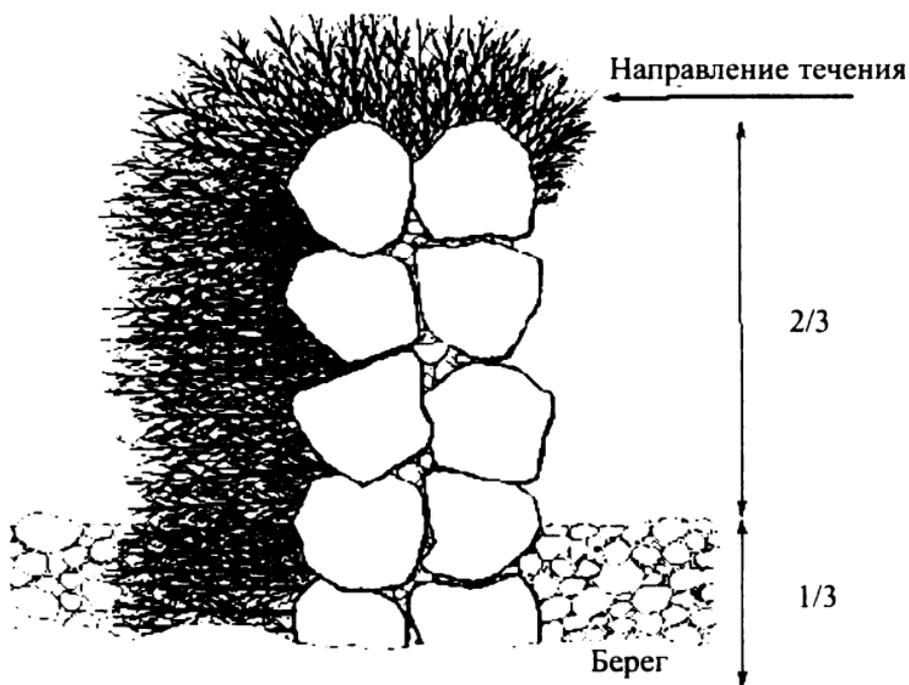
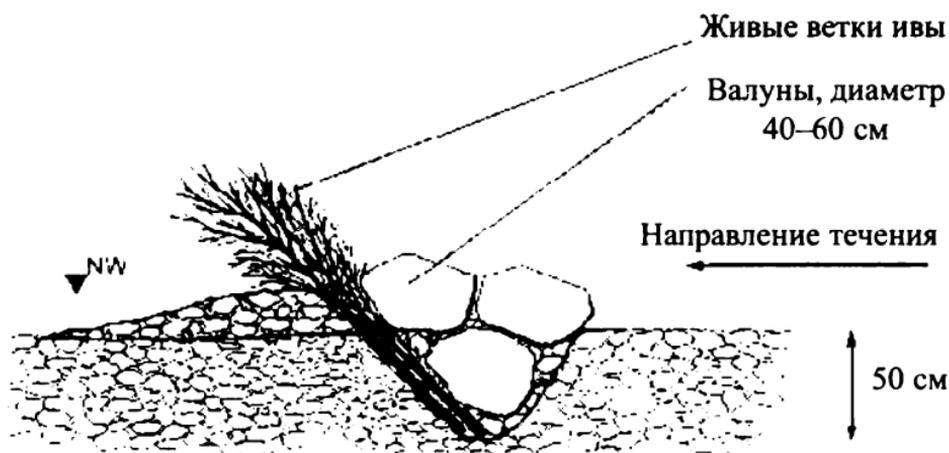


РИС. 62. Водная преграда из ветвей ивы, укрепленная валунами.

рическими габионами с камнями. Эти сооружения на расстоянии 1–1,5 раза своей высоты уменьшают скорость течения воды, что приводит к образованию отмелей.

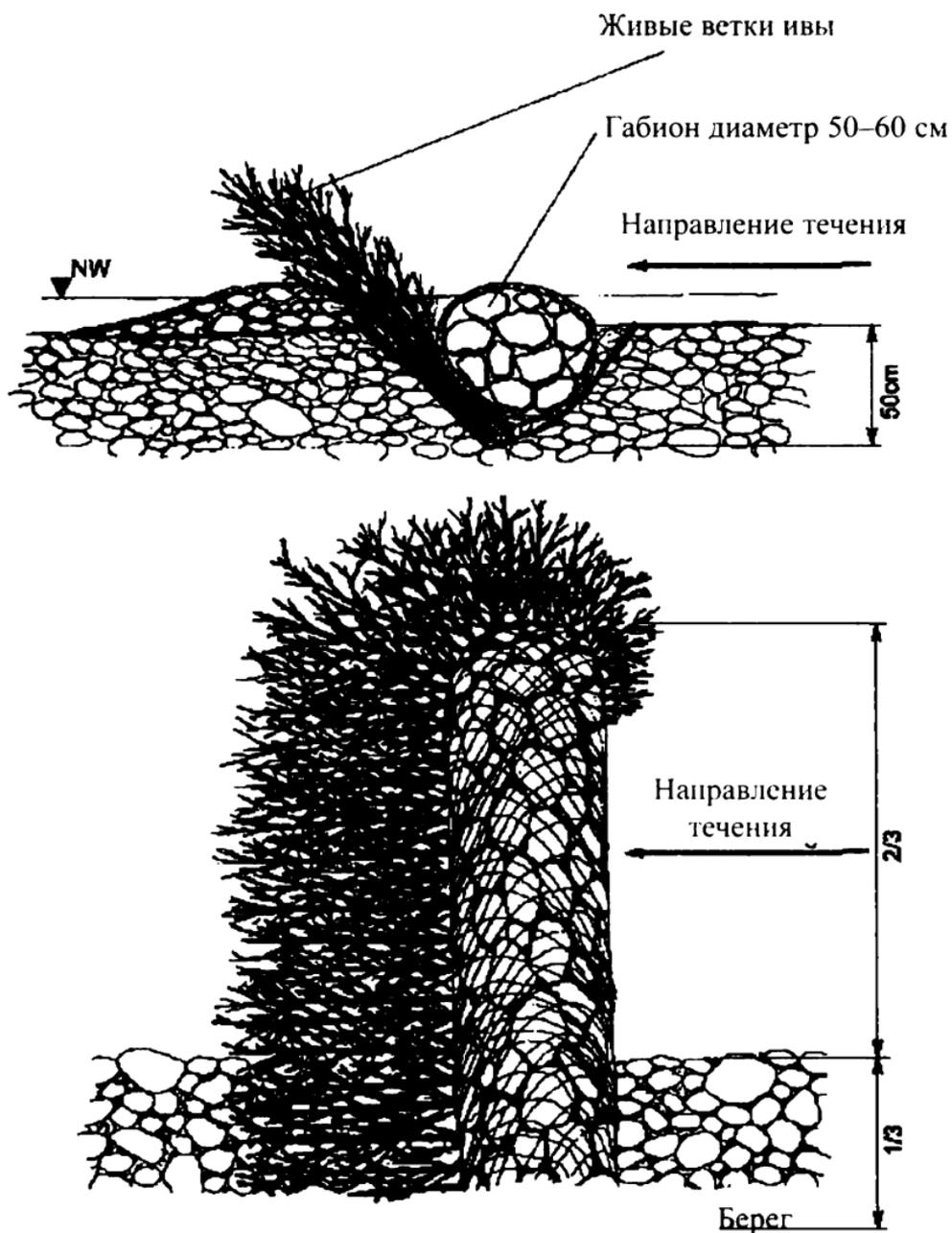


РИС. 63. Водная преграда из ветвей ивы, укрепленная цилиндрическим габионом.

9.18. «Щётки» и частокол из живой растительности

«Щётки» из живой растительности — это вертикально закопанные в землю ряды ветвей (побегов) ивы, фашины, которые установлены поперёк течения водоёма. Они служат для образования отмелей и берегоукрепления. Так как эта конструкция не выдерживает большого напора воды, она устанавливается между бун и преград.

Связано оцинкованной проволокой

Фашины из ивовых ветвей

Направление течения

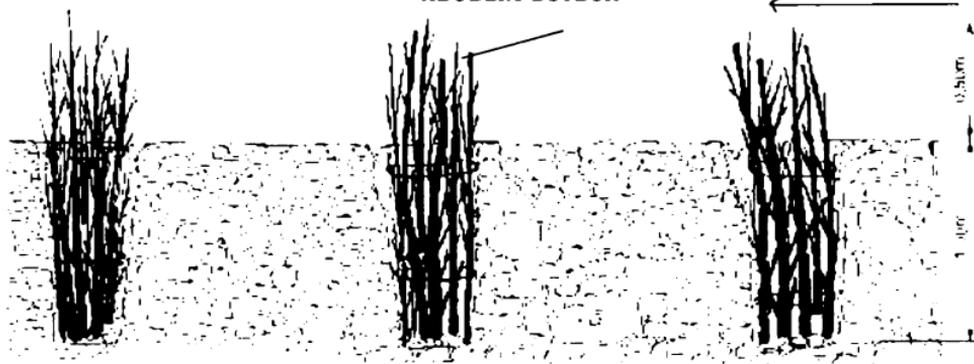


РИС. 64. «Щётки» из живой растительности.

Колья, диаметр 8–12 см

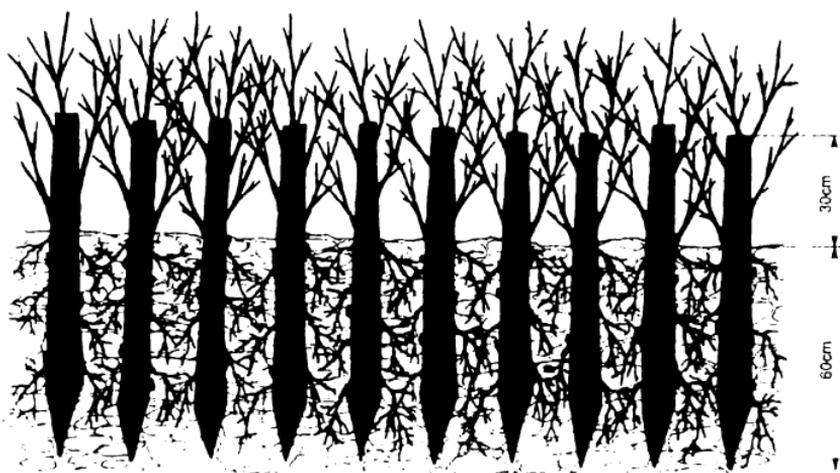


РИС. 65. Частокол из живой растительности.

Частокол из живой растительности — это вертикально закопанные (вбитые) в дно реки ряды из крепких кольев. Применение такое же, как и у «щёток» из живой растительности

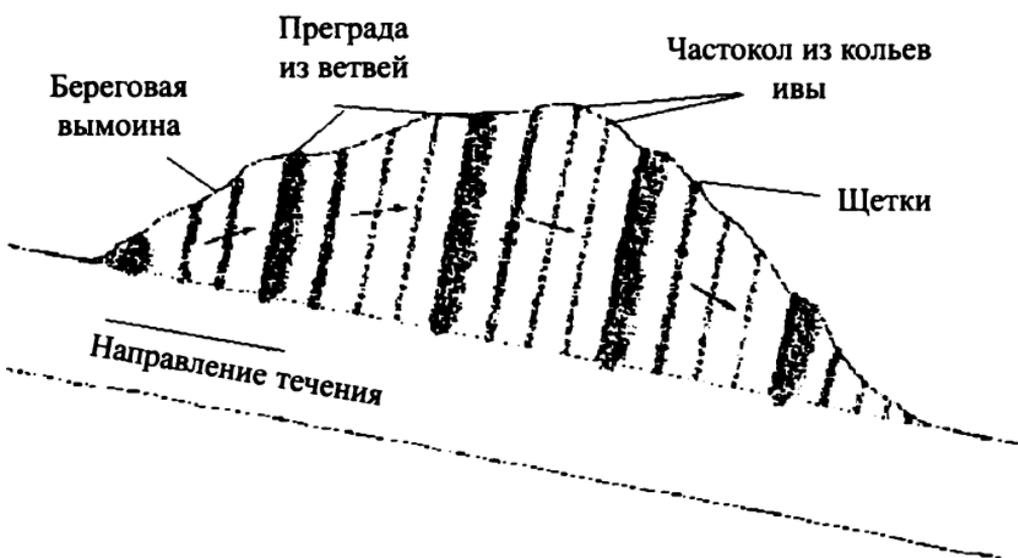


РИС. 66. Применение в устранение боковых промоин за счет сооружения преград, щеток и частокола из ветвей ивы.

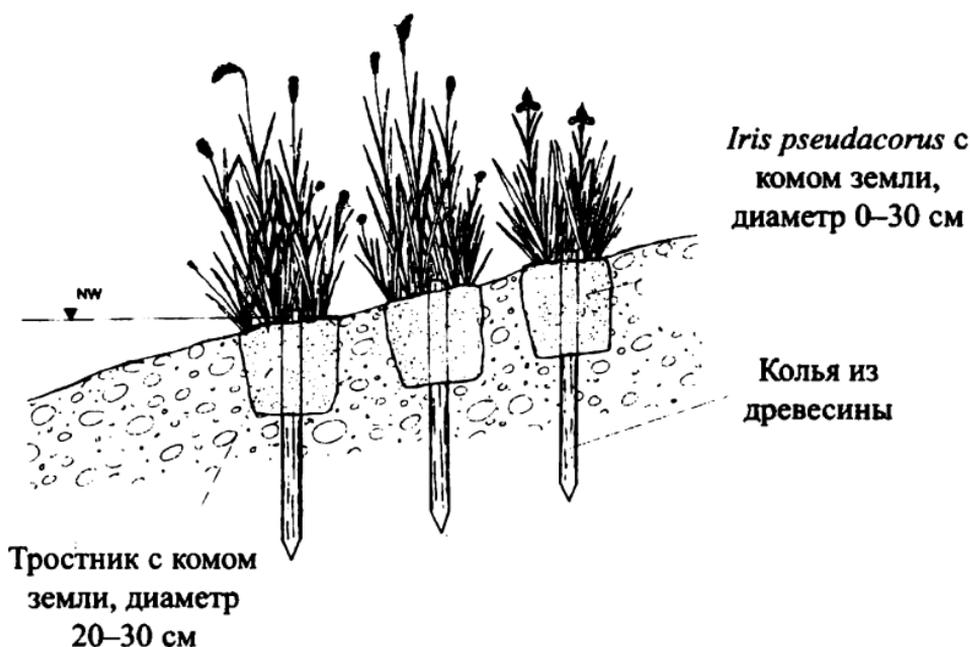


РИС. 67. Посадка тростника и ириса с комьями земли (Ф. Флоринет).

9.19. Создание тростниковой зоны

Заросли тростника создаются на водоемах с небольшим течением, каналах, морских берегах. Такие растения, как тростник, осока, ирисы используются в первую очередь. Последние могут высаживаться в контейнеры. Для выращивания необходим уровень воды 5–10 см.

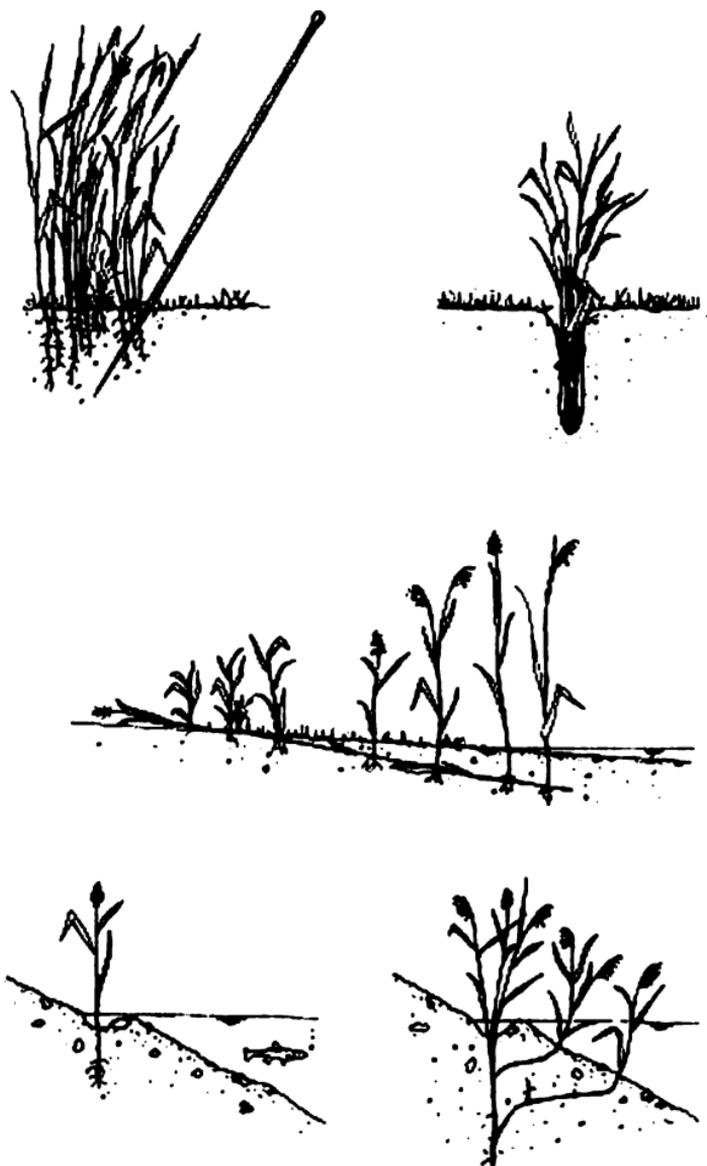


РИС. 68. Размножение тростника (П. Гайц, Ф. Флоринет).

9.20. Озеленение посадкой или посевом древесных пород

Озеленение берегов древесно-кустарниковой растительностью производится посадкой черенков, семян, саженцев или посева. Хорошие результаты дает посадка черенков ивы. Для черенкования нарезают ветви, которые высаживают на берегу ручья (в грунт или пустоты между камнями). При посадке следует соблюдать полярность черенков. Над поверхностью почвы они должны выступать не более чем на 1–2 почки. Для предохранения саженцев, черенков от вымывания, пустоты между камнями и разрушения заполняются соломой, которая уплотняется.



РИС. 69. Посадка черенков и растений на берегу между камнями.

9.21. Озеленение берега лиственными породами

На гравийных или каменистых береговых откосах, где затруднительно произвести посадку черенков или растений хорошие результаты дает посев древесно-кустарниковой растительности. При этом посеве целесообразно семена смешивать с песком, торфом или почвой. На участках склона, где это возможно, высаживают растения с открытой или закрытой корневой системой. Перечень пород должен соответствовать зоне выращивания и условиям местопроизрастания.

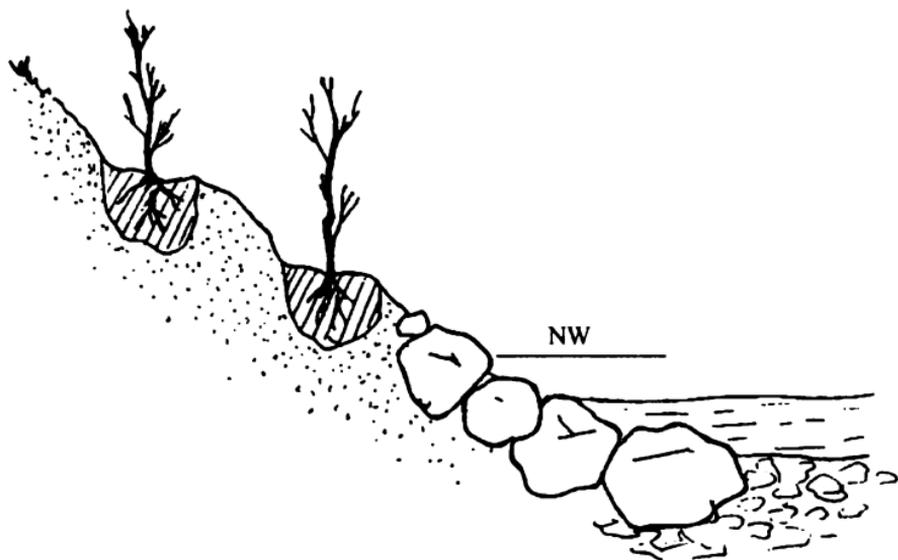


РИС. 70. Озеленение берега лиственными породами.

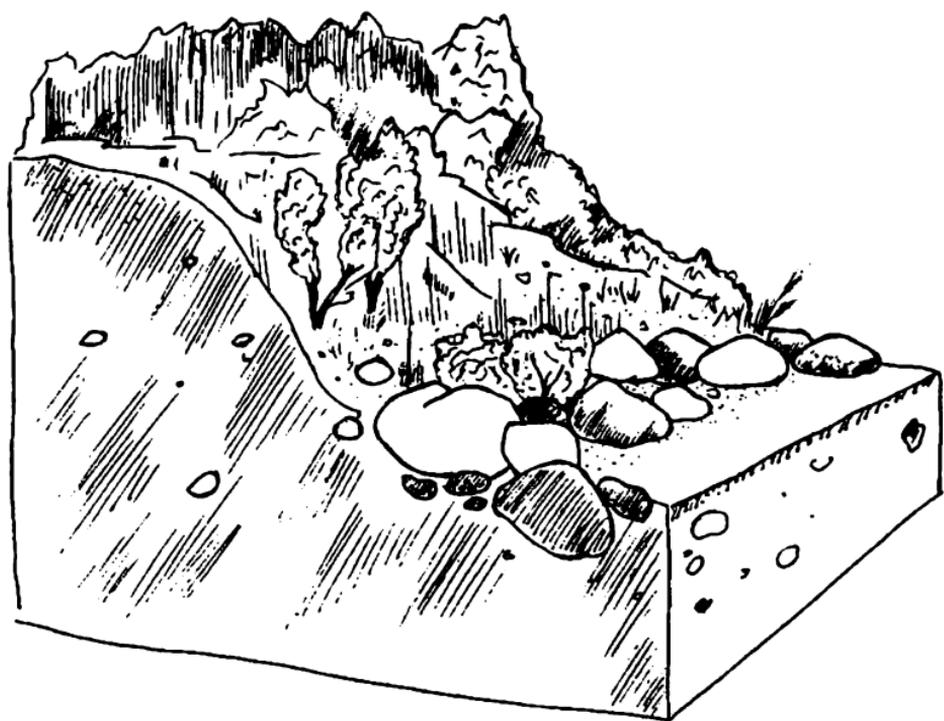


РИС. 71. Для предотвращения размыва берега его основание укрепляют рядами из блоков (камней), а на откосе высаживают растения.

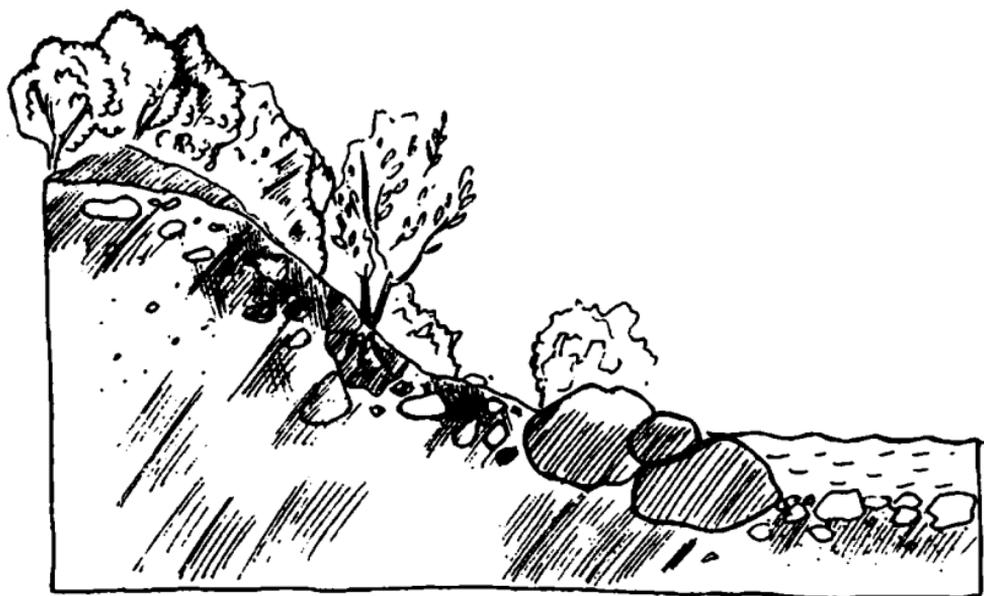


РИС. 72. Укрепление берега камнями и растениями

Очень крутые склоны с нестабильным верхним слоем почвы до 10–20 см укрепляют озелененной решеткой. К вертикальным бревнам у основания хорошо укрепляют и прибивают горизонтальные бревна, а между ними высаживают растения. Вся решетка крепится к склону металлическими анкерами и присыпается землей.



РИС. 73. Озелененная решетка на склоне.

Основание склона укрепляется бревном диаметром 30–50 см или опорной стеной.

Вместо ветвей на этой укладке используют молодые саженцы и укладывают на террасе плотно друг с другом, 1/3 растения «выглядывает» из склона (рис. 75).

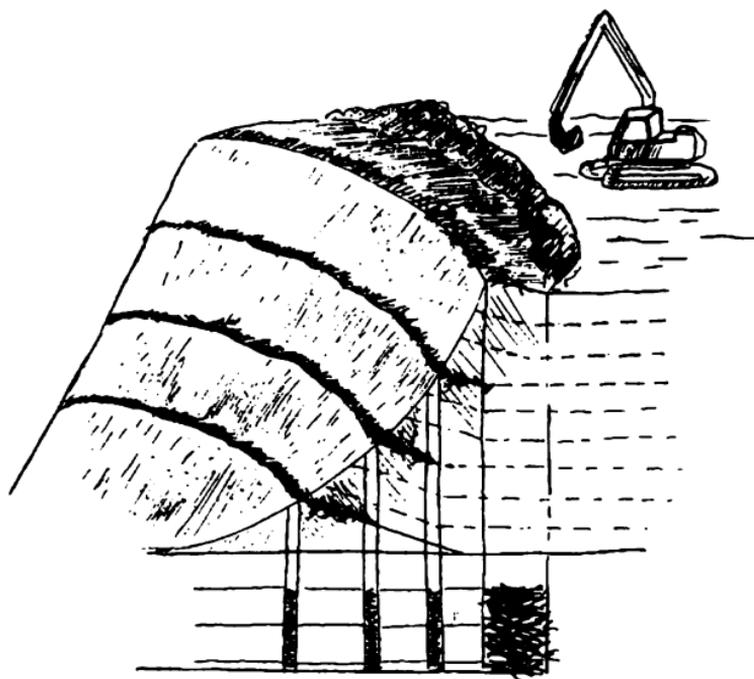


РИС. 74. Укладка ветвей на большой насыпной дамбе.

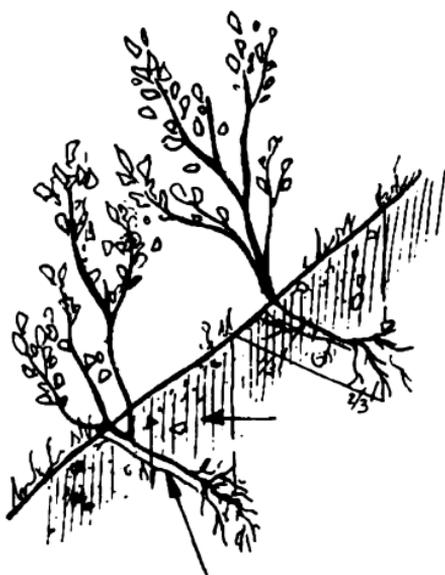


РИС. 75. Укладка саженцев.

9.22. Уход за береговой растительностью

Особенностью инженерно-биологических строительных методов является то, что защитная функция растений первоначально будучи незначительной, со временем достигает большого эффекта. Чтобы содействовать этому и сократить время наступления полной защиты фракции необходимо осуществлять мероприятия по уходу. Различаются следующие виды ухода: первоначальный, уход за развитием, поддержание функционирования инженерно-биологических сооружений.

Под первоначальным уходом понимают все те работы, которые необходимы для приживаемости посадок.

Уход за развитием осуществляется до периода вступления посадок в период эффективного выполнения защитных функций. Проводятся работы, связанные с внесением удобрений, орошение, обработка почвы, удаление нежелательной конкурирующей растительности.

Поддержание функционирования инженерно-биологических сооружений направлено на то что бы они выполняли долговременные функции.

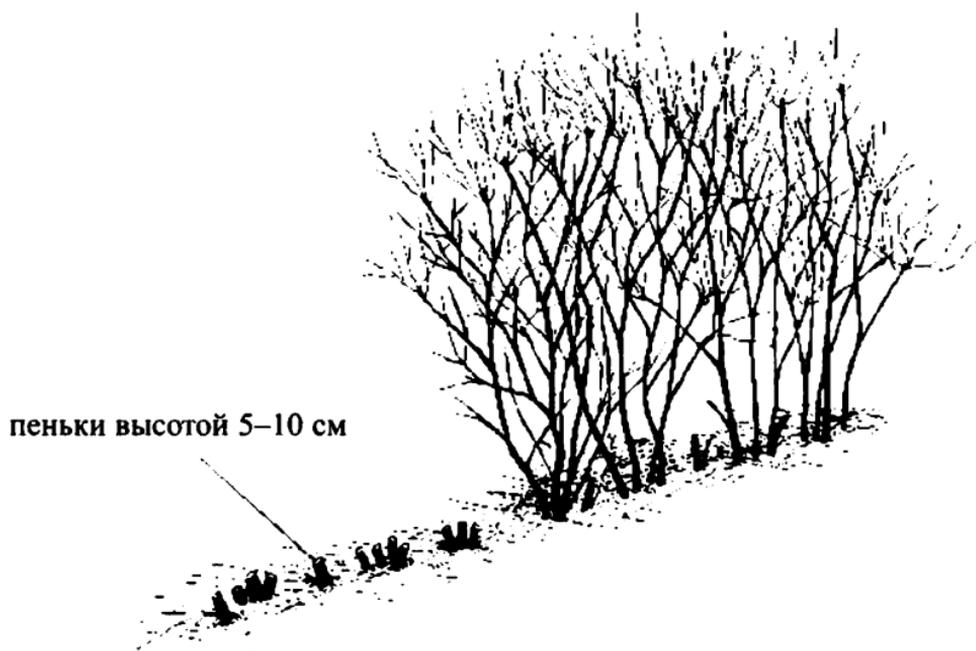


РИС. 76. Омоложение зарослей береговой растительности.

Уход за береговой древесно-кустарниковой растительностью осуществляется с учетом ее санитарного состояния и возраста. При наличии усохших кустарников, старения их омолаживают. Для этого проводится сплошная рубка, чтобы вся территория в дальнейшем равномерно зарастала и растения сохраняли эластичность.

9.23. Порог из крупных камней и живой растительности

Более массивное сооружение — это порог из крупных камней и живой растительности. Камни укладывают в виде платформ, а в щели между ними вставляют побеги, которые на 10–15 см возвышаются снаружи. Для защиты от преждевременного вымывания речного материала между стыками вокруг черенков укладывают и утрамбовывают солому (сено).

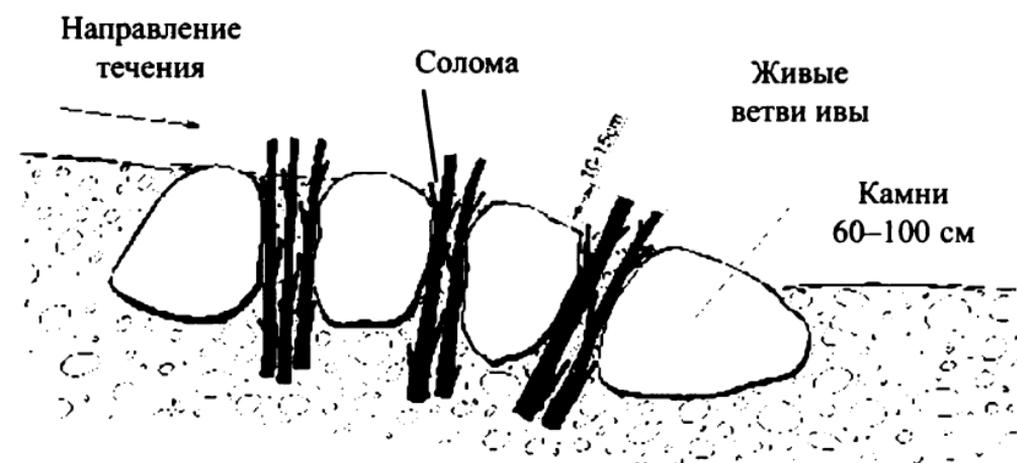


РИС. 77. Порог из крупных камней и растительности.

9.24. Пороги из фашин

В небольших рытвинах с рассеянным стоком воды возможно устроить живые поперечные сооружения из фашин и живых ветвей ивы. Для увеличения шероховатости под фашину или между ними часто укладывают в один ряд черенки.

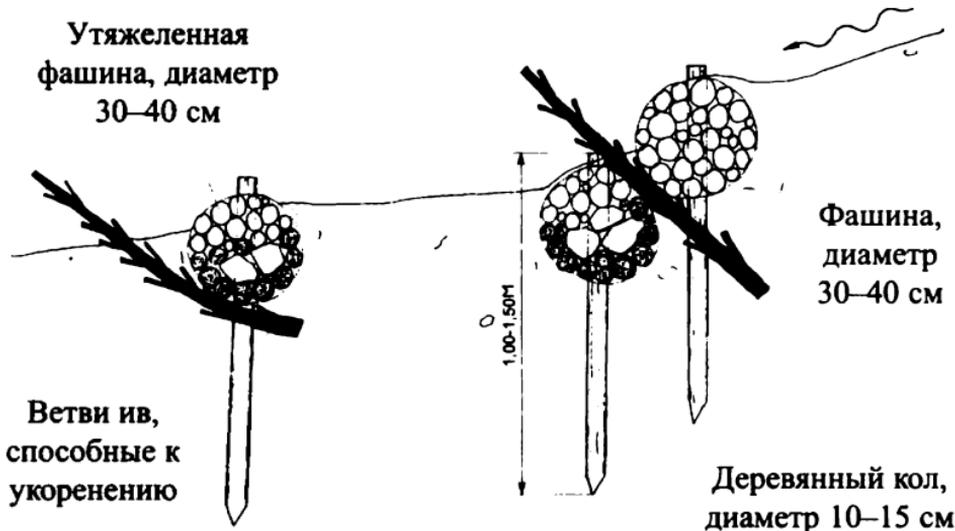


РИС. 78. Пороги из фашин.

9.25. Пороги из кустарников

Для закрепления рытвин, оврагов, отложения наносов создают специальные пороги. Их строят таким образом, чтобы вода могла протекать сквозь них. При устройстве порогов в склоне под углом делают углубление и в него укладывают ветви. Основание укрепляют камнями, фашинами, бревнами.

Ветви ив, способные к укоренению



РИС. 79. Различные типы порогов из ветвей.

9.26. Деревянные пороги с живой растительностью (озелененные деревянные пороги)

Деревянные пороги с живой растительностью создаются путем поперечной укладки и заглублением конструкции в боковые стены для предотвращения ее вымывания. Для защиты от размыва используют тяжелую почву, а в районе стока деревянное сооружение заполняют камнями.

На выступах укладывают черенки ивы или других широколиственных пород, способных к укоренению. Если вода часто достигает уровня выступов, то лучше использовать фашины из ивы. Если в рытвины вода попадает только во время ливней, то деревянный барьер в зоне стока можно обсадить растительностью. Задержание наносов в этом случае эффективнее.

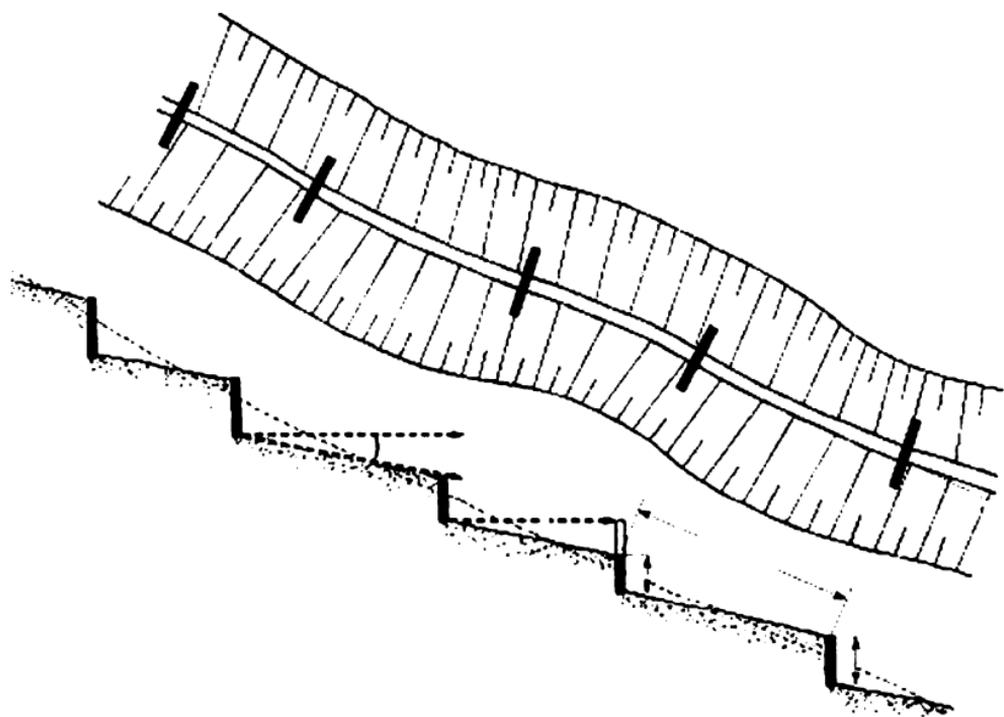


РИС. 80. Схема расположения порогов.

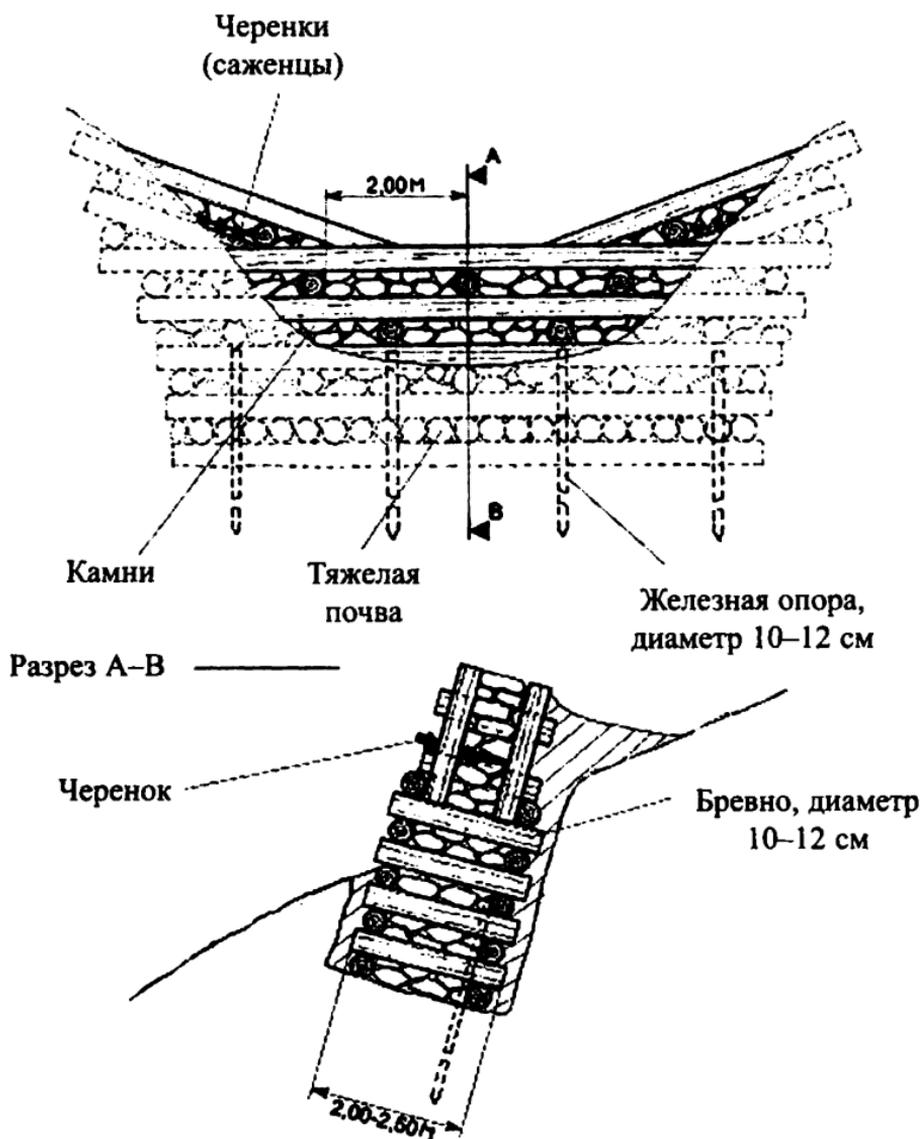


РИС. 81. Озелененный деревянный барьер.

9.27. Озелененный каменный барьер

Вышеназванную конструкцию можно соорудить из проволочных корзин, заполненных камнями (габионов). В стыки между ними укладывают черенки. При распыленном водотоке зону стока обсаживают растениями.

При строительстве барьеров проволочные корзины с камнями тщательно укладывают и хорошо соединяют друг с другом. Внутри корзин укладывают черенки ив.

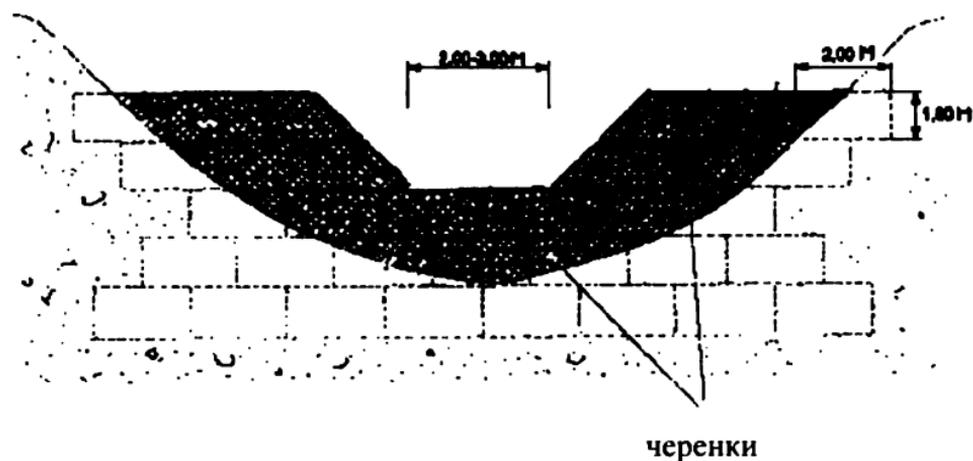


РИС. 82. Озелененный барьер из проволочных корзин с камнями.

9.28. Озелененный барьер из крупных камней

При наличии крупных камней, из них сооружают барьеры, а в пустоты и стыки помещают растения. Подобные барьеры сооружают только в местах, где есть доступ для работы техники. При использовании камней из местного материала такие барьеры хорошо вписываются в ландшафт

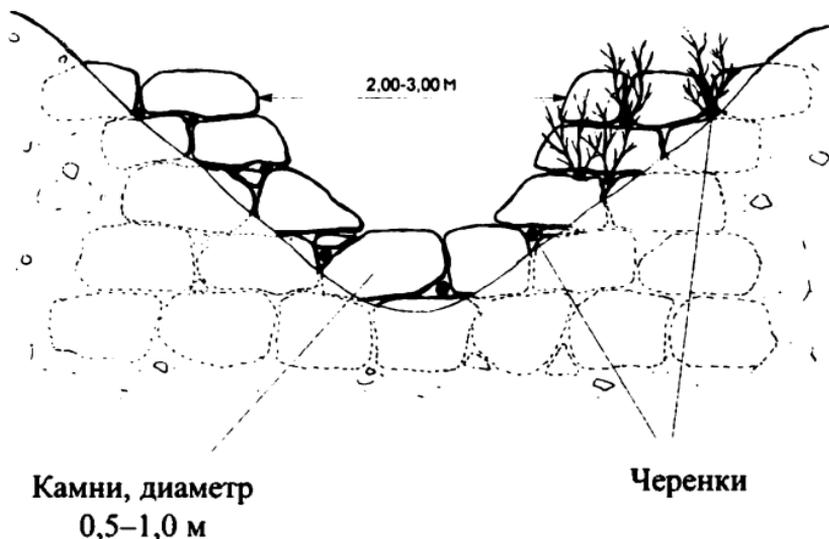


РИС. 83. Озелененный барьер из крупных камней.

9.29. Укрепление оползневых склонов

Низкая прочность, повышенная влажность, образование линии скольжения и в большинстве случаев недостаточность растительности являются причинами обвалов склонов и возникновения оползней. Инженерно-биологические мероприятия с техническими элементами могут затормозить глубинные движения почв, но не в состоянии полностью предотвратить их. Основное внимание должно уделяться эффективному осушению склонов, чтобы уменьшить влияние влаги. Поверхностные оползневые процессы могут снижаться за счет посадки растений.

Вырубка отдельных, наклонившихся деревьев может быть полезна для предотвращения возможных оползней при сильных порывах ветра.

Для уменьшения оползней целесообразно осуществлять следующие инженерно-биологические мероприятия:

- устранение и озеленение трещин в почве;
- строительство открытых дренажных систем и желобов;
- закрепление грунта кольями (сваями);
- укрепление склона подпорными стенами, габионами, фашинами;
- укладка дренажных фашин;

- повышение кустистости кустарников (посадка на пень, укоренение побегов);
- сохранение травяного покрова;
- посадка деревьев, имеющих мощную стержневую корневую систему.

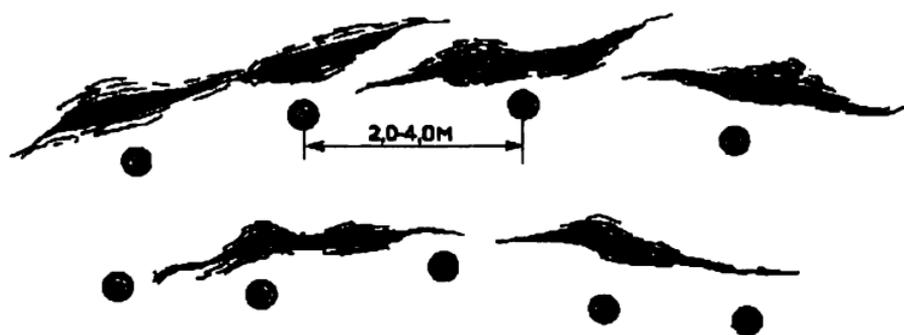
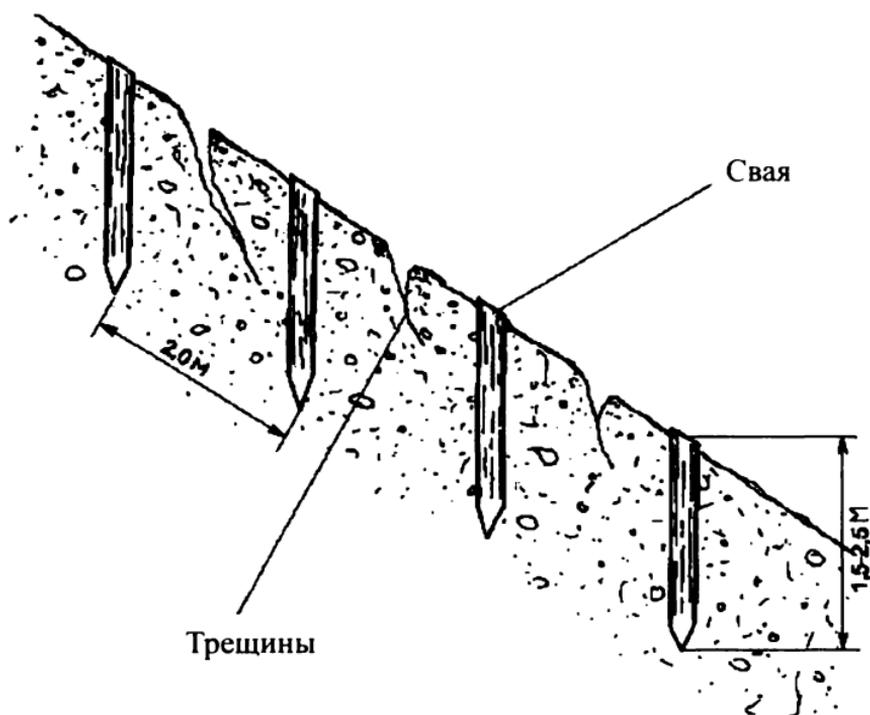


РИС. 84. Укрепление подвижных слоев почвы сваями.

9.30. Дренажные фашины

Для осушения склонов можно использовать дренажные фашины. По линии стока или под небольшим углом к склону прокладывают борозды 30–50 см глубиной и шириной. В них укладывают фашины диаметром 10–40 см. Фашины закрепляют кольями и слегка присыпают землей, соединяют с водоприемником.

Закладывают их до вегетационного периода. Осушение осуществляется как за счет стока влаги так и за счет ее транспирации растениями.

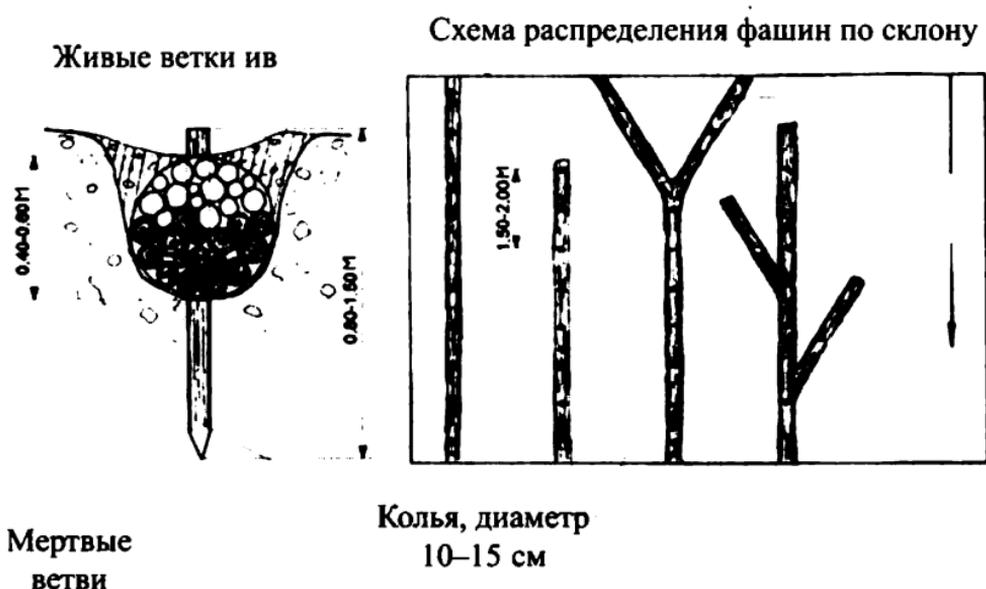
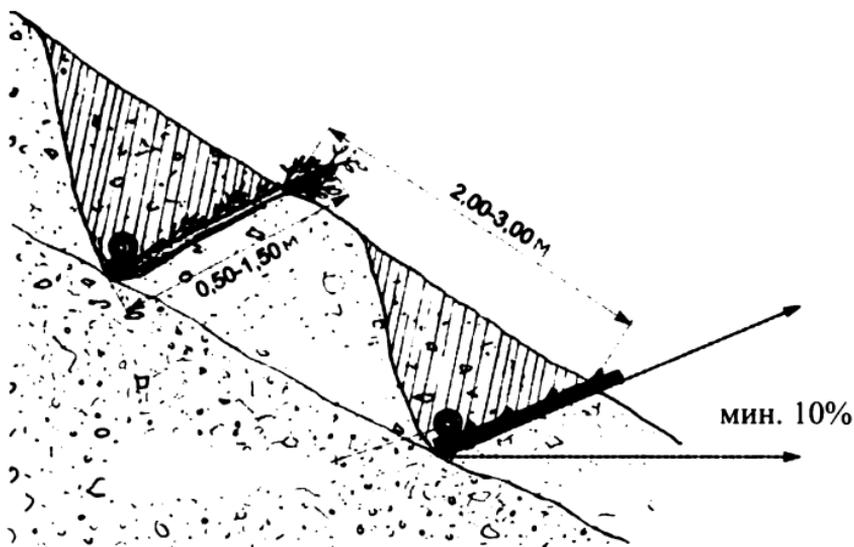


РИС. 85. Строение и укладка фашин.

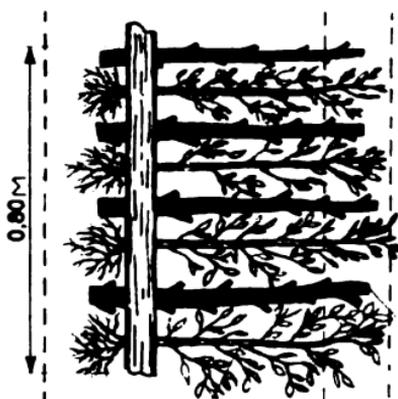
9.31. Укладка черенков, растений на террасах

Для стабилизации склонов возможно использовать закопанные горизонтально по склонам древесные растения, побеги. В местах разрастающихся неглубоких оползней укладывают ветви ив на микротеррасы 100–150 см шириной, и древесные виды с корнями (1:1). Они должны прикрывать площадь террасы на 50% и более. Затем растения засыпают грунтом с выше расположенной террасы. Для дополнительного укрепления склонов на концы растений укладывают бревна или камни.

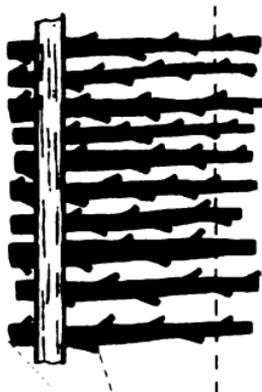


Укладка черенков и
посадочного материала

Укладка черенков



Растения лиственных пород



Способные к укоренению
черенки ив

РИС. 86. Укладка черенков древесных пород и их размещение по склону на террасах.

Микротеррасы должны быть выкопаны с наклоном. Применяют растения и живые ветви длиной 0,5–5 м. На 1 м террасы необходимо 10–20 штук. Концы ив обрезают после засыпки почвой так, чтобы около 20 см возвышались над землей. Укладку обычно производят до вегетационного периода.

9.32. Озелененная опорная стена

Озелененная опорная стена создается для укрепления основания склона и промоин на склонах. Она также может служить для укрепления берегов. Опорные стены — это деревянные сооружения с одинарными или двойными стенками из бревен. Каждый ряд заполняется имеющимся в наличии материалом, на переувлажненных склонах — дренажным материалом. Опорную стену строят под углом, шириной от 2 до 2,5 м.

На каждый слой стены укладывают ветви древесных пород (например, ивы) и саженцы лиственных пород, способных по всей длине ствола давать корни. Растения должны быть примерно такой же длины как опорная стена и укладываются таким образом, чтобы они выходили за пределы сооружений не больше 20 см. Работы производятся в период вегетационного покоя.

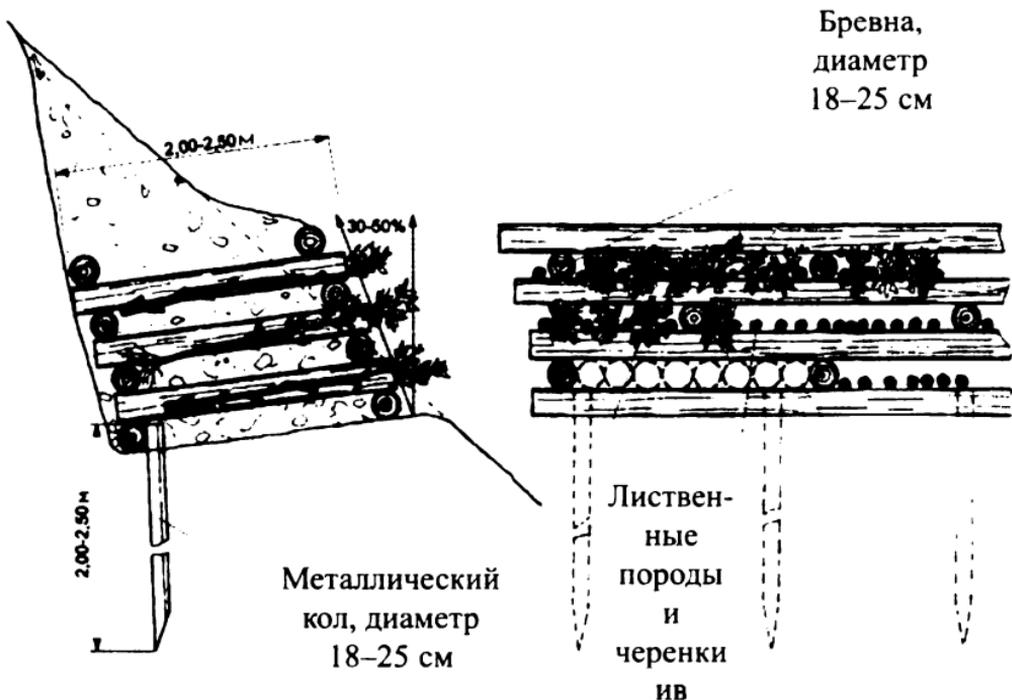


РИС. 87. Продольный и поперечный вид опорных стен.

9.33. Укладка камней с черенками (саженцами)

Для озеленения и закрепления каменной отсыпки на склонах или берегах рек в имеющиеся щели высаживаются черенки ив или других подходящих древесных растений. При заполнении щелей гравием черенки или древесные растения должны достигать почвы для дальнейшего укоренения. Используются крупные камни (0,5–2 т). Черенки (105 штук на м^2) или саженцы (1 шт. на 1 м^2) должны быть длиннее камней. Работы производятся в период вегетационного покоя.

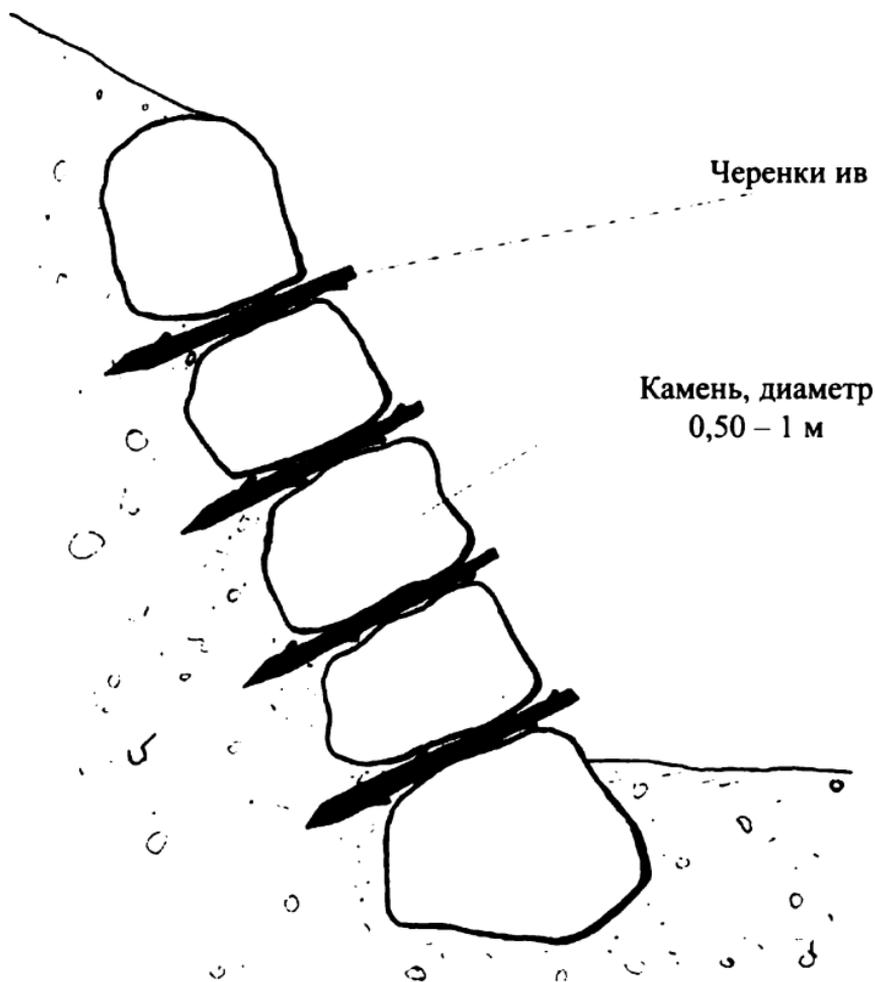


РИС. 88. Укладка камней и черенков в основание склона.



РИС. 89. Укрепление склона геотексителем.

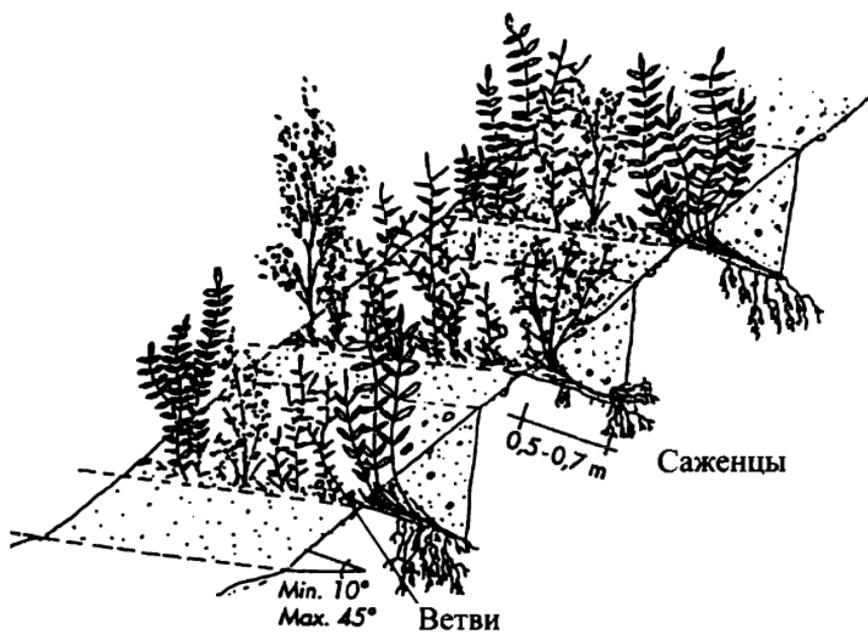


РИС. 90. Комбинация укладки саженцев и ветвей.

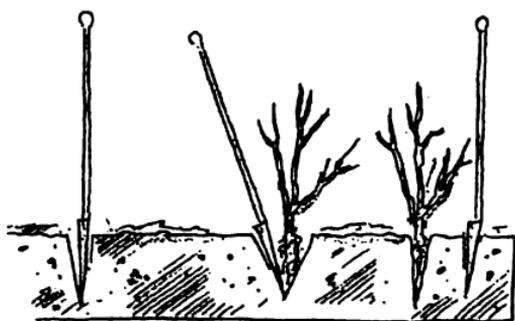


РИС. 91. Посадка под клиновидную лопату.

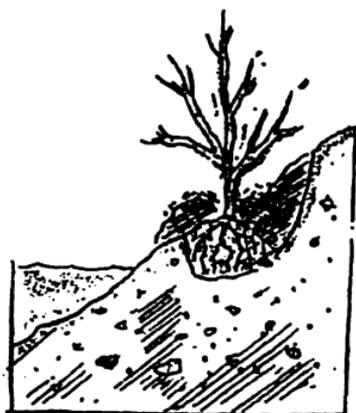


РИС. 92. Посадка в ямку с канавкой для полива.

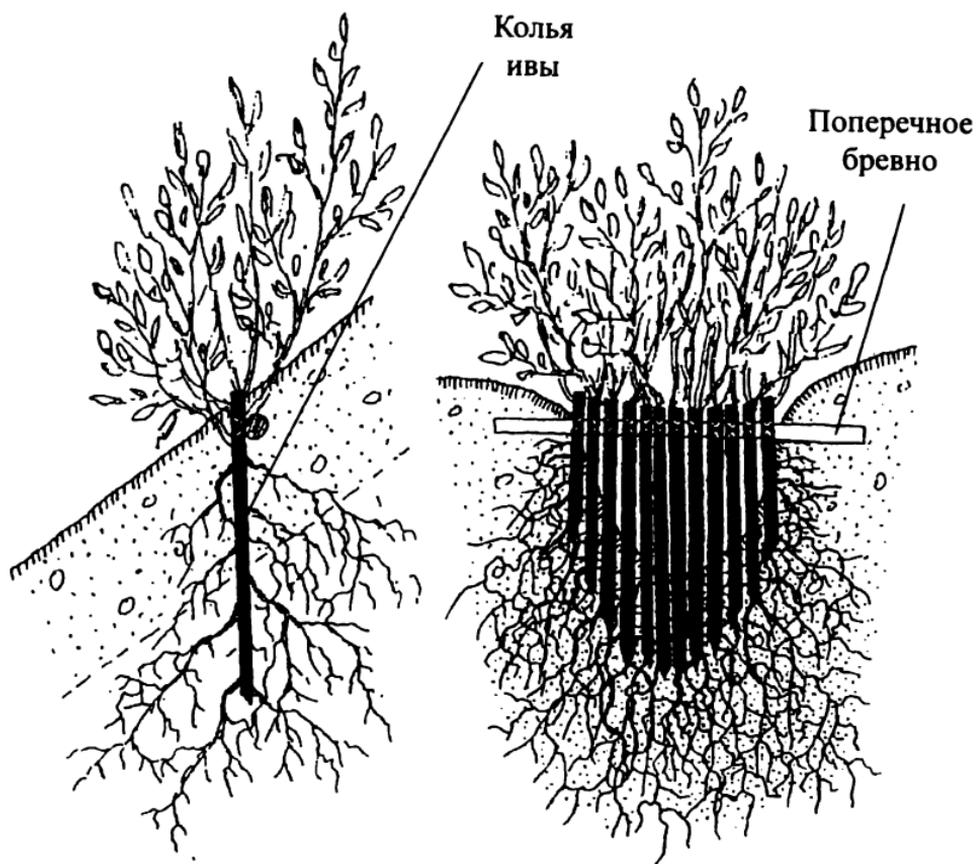


РИС. 93. Часток из кольев ивы.

9.34. Заполнение рытвины или оврага ветвями

Небольшие пучки из ветвей выкладывают ёлочкой в овраг или рытвину толстыми концами вниз, а вершинами наружу и прикрепляют к земле поперечными жердями. Толщина слоя ветвей должна быть не толще 0,5 м. Для заполнения могут использоваться живые и сухие сучья, ветви. При использовании живых ветвей для укоренения их присыпают почвой.

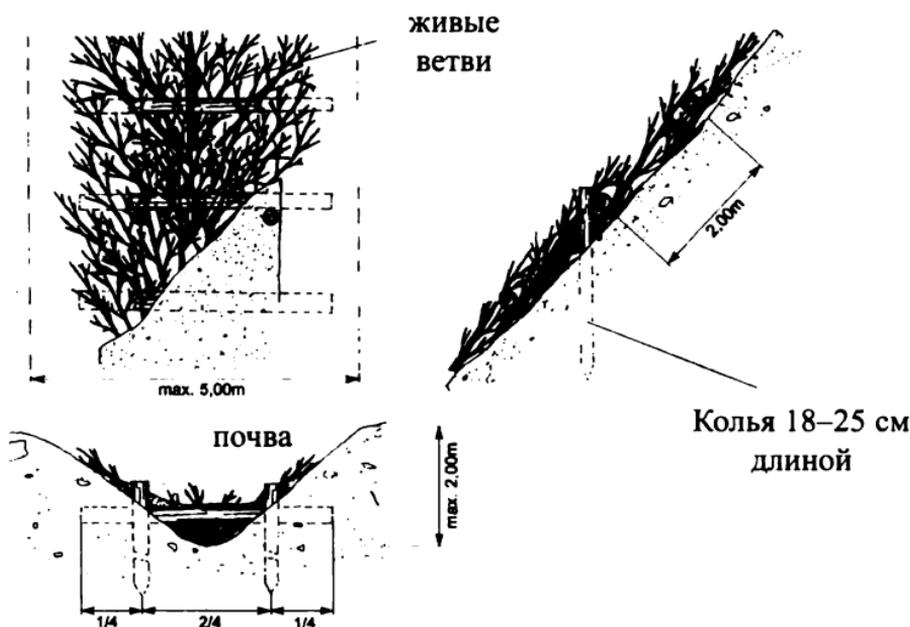


РИС. 94. Заполнение оврага или рытвины живыми ветвями.

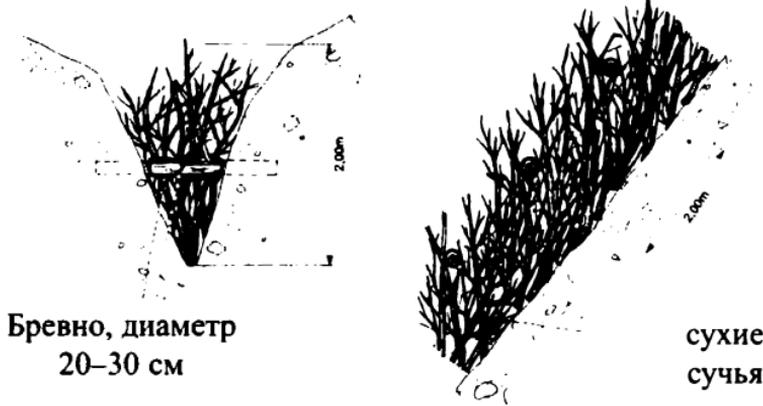


РИС. 95. Заполнение оврага или рытвины сухими ветвями.

9.35. Озелененный каменный кювет

При наличии крупных камней ими возможно укрепить овраг. Так как они образуют шероховатую поверхность и одновременно защищают кюветы от разрушения, то эта конструкция экологически более эффективна, чем конструкция с гладкой поверхностью. В пустоты каменного кювета высаживаются черенки ивы или укоренившиеся растения (часто с комом земли).

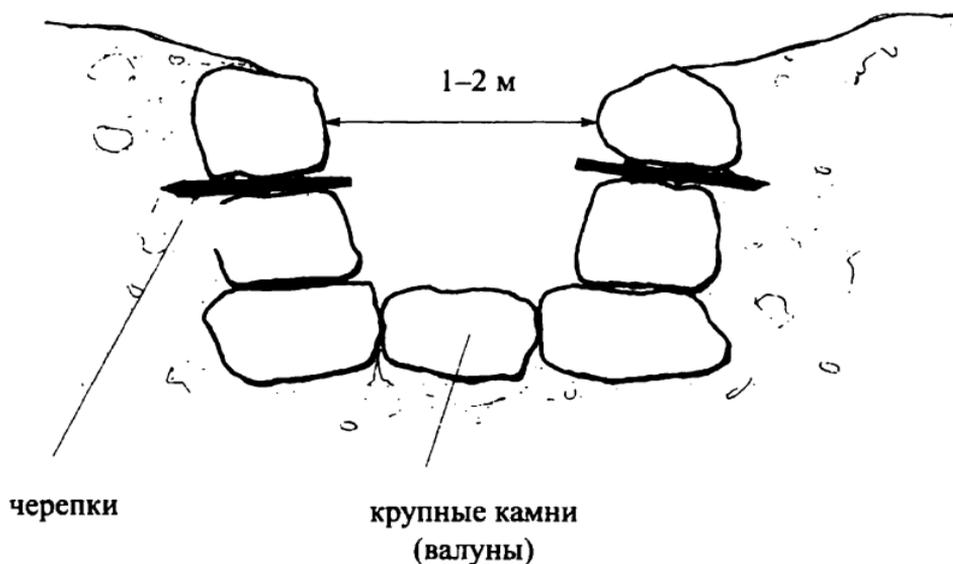


РИС. 96. Озелененный каменный кювет.

9.36. Озелененный деревянный кювет

Для предотвращения размыва кювета, канав, рытвин устраивается деревянный желоб. Он засыпается землей, камнями или бревнами. В пустоты боковых стен укладывают черенки или укоренившиеся широколиственные растения. Этот кювет может отводить значительные количества воды и наносов.

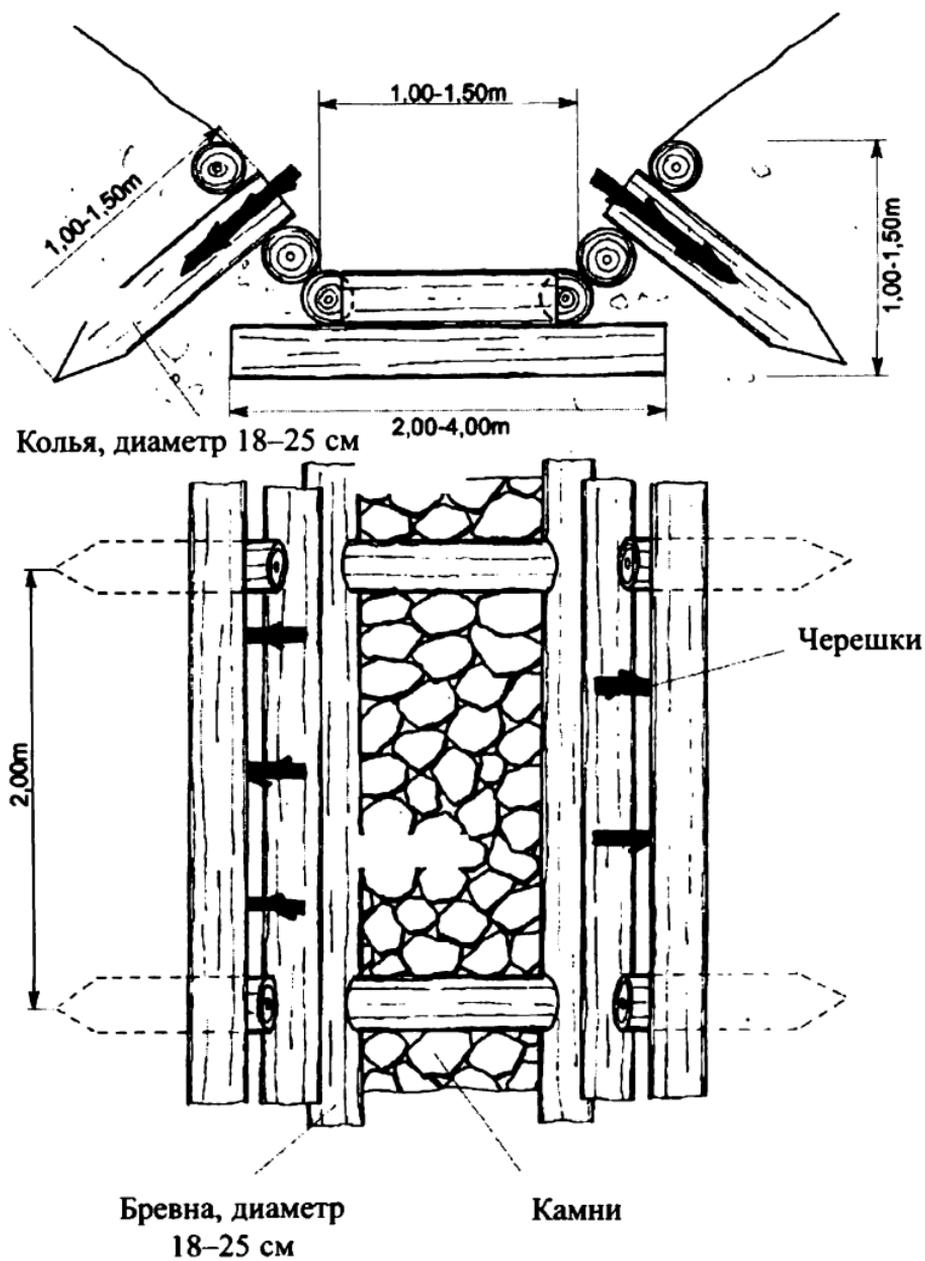


РИС. 97. Озелененный деревянный клет с каменным настилом.

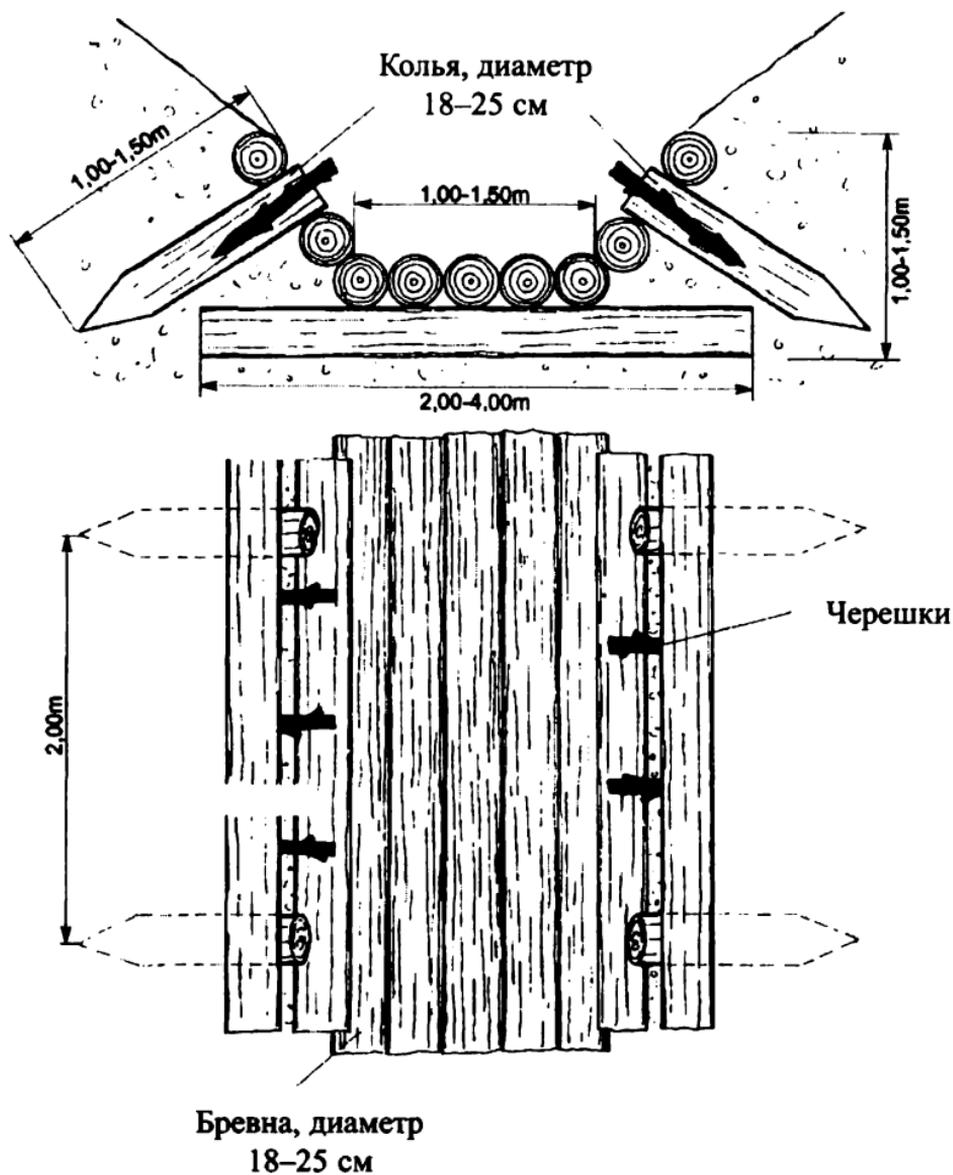


РИС. 98. Озелененный деревянный кювет с настилом из бревен.

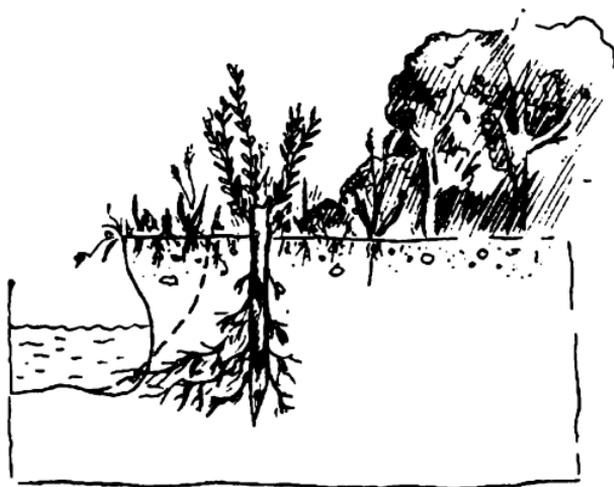


РИС. 99. Крепление откоса ивовыми черенками.

10. ОСНОВЫ ЛАНДШАФТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

В предыдущих главах были охарактеризованы особенности применения инженерно-биологических мероприятий в ландшафтах разных типов. Необходимость адаптации инженерно-биологических методов к различным природным условиям очевидна. Она отражает один из важных аспектов связей между инженерно-биологическим и ландшафтным подходами к организации деятельности людей в окружающей среде. Но это не единственный аспект таких связей. В данной главе раскрываются другая важная сторона взаимодействия двух подходов. Это использование инженерно-биологических методов в реализации задач ландшафтного планирования.

10.1. Основные понятия и принципы ландшафтного планирования

Ландшафтное планирование, широко распространенное в мире и развивающееся с начала 1990-х гг. в России, является одной из форм территориального планирования.

Ландшафтное планирование — это, во-первых, *совокупность методических инструментов*, используемых для построения такой пространственной организации деятельности общества в конкретных ландшафтах, которая обеспечивала бы устойчивое природопользование и сохранение основных функций этих ландшафтов как системы поддержания жизни. Во-вторых, это *коммуникативный процесс*, в который вовлекаются все субъекты и природоохранной, и хозяйственной деятельности на территории планирования и который обеспечивает выявление интересов природопользователей, проблем природопользования, решение конфликтов и разработку согласованного плана действий и мероприятий.

В целом, ландшафтное планирование реализуется как иерархическая система, в которой оценки, планировочные положения и предписания всех уровней не противоречат друг другу, но дополняют друг друга, сочетаясь по принципу «учета противотоков», когда рамочные рекомендации (предложения «сверху») служат ориентирами для более детальных указаний на нижних уровнях планирования, но и сами формируются под влиянием предложений «снизу».

Основные иерархические уровни ландшафтного планирования это ландшафтная программа, рамочный ландшафтный план и ландшафтный план крупного масштаба. В некоторых случаях разрабатывается также четвертый, самый нижний уровень ландшафтного планирования, называемый в европейских странах планом озеленения. В российской практике этим термином обозначается один из элементов градостроительного планирования.

Ландшафтная программа — это обзорный плановый документ (карта и пояснительный текст) регионального уровня, определяющий основные направления природопользования и соответствующие им основные ландшафтные функциональные зоны на территории планирования; ландшафтную программу рекомендуется разрабатывать для территорий субъектов Российской Федерации.

Рамочный ландшафтный план — это совокупность карт и текстов, содержащих среднemasштабные характеристики природно-ресурсного потенциала, задач охраны природы и реального использования территории, а также рекомендации по экологически целесообразному природопользованию и целям развития территории планирования; рамочный план рекомендуется составлять для административных районов субъектов Российской Федерации.

Ландшафтный план — это совокупность карт и текстов, по своему составу в целом подобных таковым рамочного плана, но предназначенных для согласованного решения задач охраны природы и землепользования конкретными субъектами хозяйственной деятельности и органами управления на низшем административно-территориальном уровне; оценки и рекомендации ландшафтного плана основываются на крупномасштабном (достаточно детальном) анализе территории планирования, обеспечивающем реализацию конкретных программ и проектов природопользования и развития территории.

Масштабы разработки:

- ландшафтная программа — от 1 : 1 000 000 до 1 : 500 000;
- рамочный ландшафтный план — в масштабе от 1 : 200000 до 1 : 100 000;
- крупномасштабный ландшафтный план — 1: 25 000 и крупнее.

Хотя на каждом уровне ландшафтного планирования решаются задачи, преимущественно присущие именно данному уровню, можно выделить главные общие задачи этого планировочного инструмента.

Во-первых, это инструмент оценки земель в широком смысле этого слова, включая их стратегическое положение, ресурсный и экологический потенциалы и перспективы использования в соответствии с природоохранными законами и мировыми стандартами.

Во-вторых, это инструмент, посредством эффективных механизмов взаимодействия объединяющий различные ведомства и политиков, принимающих решения на разных уровнях.

В-третьих, это инструмент для поиска решений при возникновении конфликтов или конкурирующих вариантов использования природных ресурсов и ландшафтов, особенно при необходимости изменить старую централизованную систему землепользования.

В-четвертых, это инструмент, позволяющий инвесторам учесть широкий спектр требований, предъявляемых к проектам, и принять правильное и своевременное решение о целесообразности их реализации в той или иной конкретной местности.

В-пятых, ландшафтное планирование является коммуникативным процессом, вовлекающим в планирование все заинтересованные стороны, в том числе местное население. Поэтому ландшафтное планирование способствует демократизации общества, его социально-экономической стабилизации, устойчивому развитию территорий.

Наконец, ландшафтное планирование может содействовать гармонизации международных и российских природоохранных норм, программ и проектов, учитывающих долгосрочные интересы общества.

Важная особенность ландшафтных планов состоит в том, что они не столько ограничивают и запрещают использовать территорию с той или иной целью, сколько разрешает и рекомендует формы землепользования, подходящие для конкретных ландшафтов. Основываясь на экологических критериях, они сопрягают социально-экономические планы развития каркаса расселения и транспортных сетей с планами землепользования и планами построения сетей охраняемых территорий в региональном или несколько более детальном масштабе.

Ландшафтный план обеспечивает:

1) целостный взгляд на специфику ландшафта и на выделение его экологически, исторически эстетически особо ценных элементов, подлежащих охране;

2) выбор экологически приемлемых принципов и технологий ведения сельского и лесного хозяйства;

3) основу для исполнения планов нового строительства и базу для экологического улучшения населенных пунктов;

4) источник сведений для экспертизы проектов;

5) уверенность инвесторов в определенности намерений властей и местного сообщества.

Таким образом, наиболее важные конструктивные особенности ландшафтного планирования следующие:

- иерархичность, определяющая и специфику содержания работ на разных уровнях планирования,
- четкость процедур планирования и их принципиальное подобие на различных масштабных уровнях,
- опора на ландшафтную и биотопическую структуру территории и одновременный учет реального использования земель,
- использование механизмов согласования интересов землепользователей и местного населения,
- соединение отраслевого и интегративного подходов при определении потенциала (значимости), чувствительности, целей развития территории и программы действий и мероприятий,
- использование карт, текстов и других материалов как взаимосвязанных и взаимодополняющих друг друга компонентов планирования,
- мониторинг исполнения программы действий и мероприятий,
- способность служить исходной информационной базой для оценки намерений природопользователей, экспертизы проектов, решения отраслевых планировочных задач.

Ландшафтные планы обычно состоят из нескольких тематических разделов:

- биотопы (в том числе, лесные, полевые, сельские, городские, водные), охраняемые и подлежащие охране виды, территории и объекты,
- ландшафтные особенности, рекреационное использование и потенциал территории,
- климат и качество воздуха,
- воды, их состояние и использование,
- почвы, их состояние и использование,
- конфликты природопользования,
- цели развития территории и меры по их реализации.

Каждый раздел, как правило, содержит три-четыре карты, а также табличные и текстовые материалы.

Разработка ландшафтных планов всех уровней осуществляется в несколько этапов.

Основных этапов пять, реализуются они последовательно и каждый служит необходимой предпосылкой выполнения следующего.

Весьма сложными и трудоемкими являются первый и второй этапы. Они сопряжены с поиском и отбором необходимой информации, которая должна отвечать ряду требований. Наиболее важные из них следующие:

- Системность, надежность, полнота исходной природоведческой информации.
- Актуальность данных о современном землепользовании и социально-экономических условиях.
- Адекватность масштаба и формы представления, доступность, интерпретируемость информации и т.п.

Составляя программу сбора данных на инвентаризационном этапе, нужно разрабатывать каталог критериев, в соответствии с которыми будет необходимо собирать и интерпретировать эти данные, пространственно представительные и адекватные планировочным целям. Отбор данных должен вестись сообразно особенностям конкретной территории.

План, обращенный к широкой общественности и затрагивающий ее интересы, должен иметь адекватные формы выражения. Это означает, что различным адресатам следует предлагать и различные способы представления результатов. Этой цели могут служить не только классические карты и тексты, но и информационные письма и листки, публикации в прессе, выставки материалов, в том числе плакатов, а также такие средства информирования как видеофильмы, доклады на семинарах, презентации и даже сообщения через Интернет.

Очень ответственный и специфичный для ландшафтного планирования этап это оценка значимости его основных компонентов и всего ландшафтного комплекса в целом. При этом необходимо основываться на базовом требовании к назначению и качеству ландшафтного плана. Оно заключается в том, что ландшафтные планы всех уровней должны учитывать всю совокупность функций, выполняемых ландшафтом, и обеспечивать их согласованное использование и сохранение. Эти функции таковы:

- биоресурсная;
- биотопическая (обеспечивает разнообразие и взаимосвязи местообитаний, определяющих и формирующих биологическое разнообразие);
- газообменная, водо- и климатоформирующая и регулирующая;
- почвообразующая, отчасти также минерало- и порообразующая;

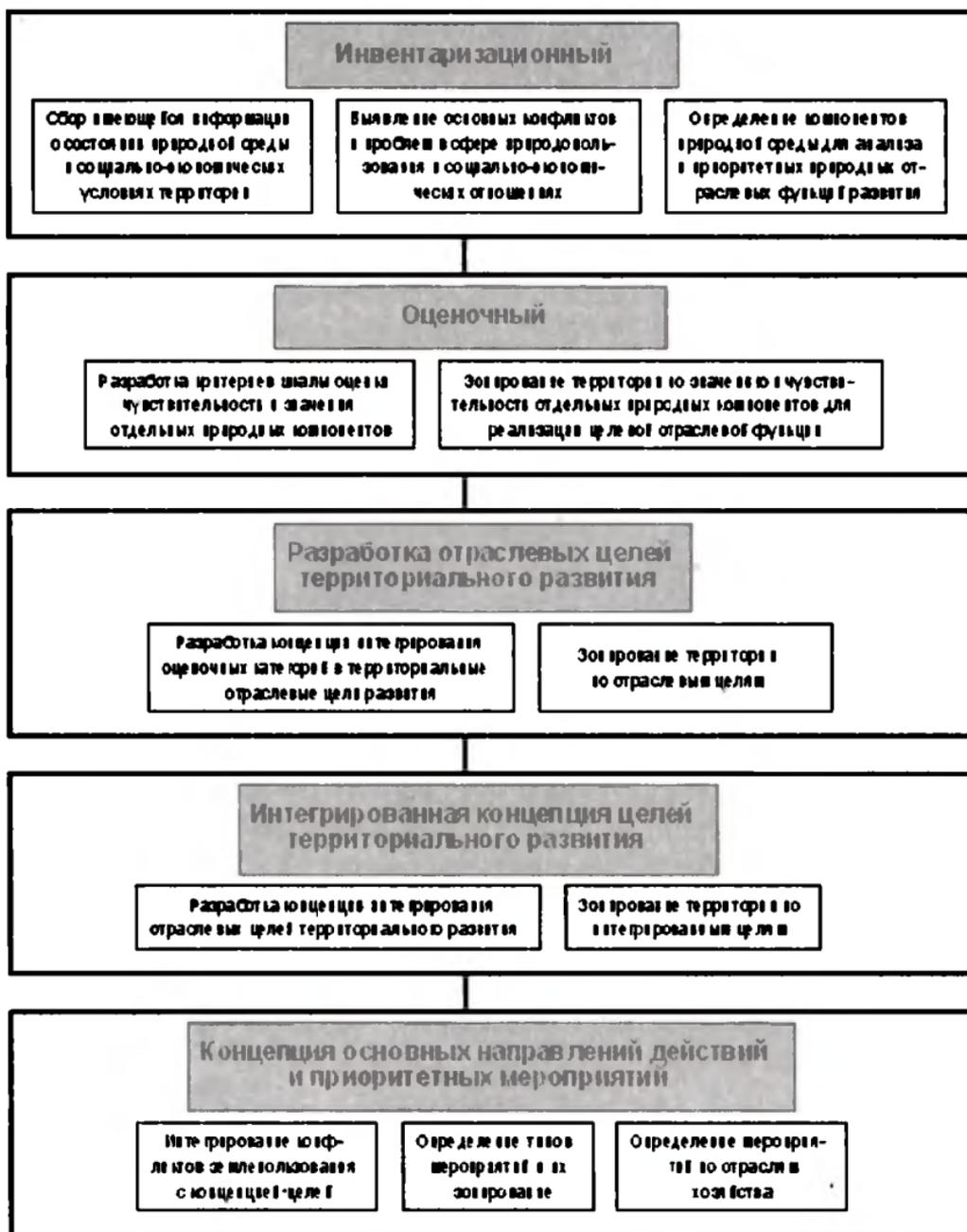


РИС. 100. Этапы разработки ландшафтных планов.

- селитебная, транспортная, лесо-, водо- и сельскохозяйственная;
- санитарно-гигиеническая и рекреационная;
- информационная и культуроформирующая в целом (включая формирование эмоционально-психологических особенностей характера людей, их знаний и мировоззрения).

Названными функциями потенциально обладают все без исключения ландшафты. Некоторые из них оказываются ареной добычи полезных ископаемых, но эта функция не повсеместна и ландшафтное планирование может интересоваться ею не во всех случаях, а выборочно. Ряд функций являются в значительной мере взаимоисключающими (например, селитебная и лесохозяйственная), другие могут и должны быть совместимы. В ландшафтном планировании эти обстоятельства необходимо тщательно учитывать и предусматривать для той или иной территории и приоритетные, и дополнительные формы использования. Основаниями для выбора должны быть представления о взаимодействии и взаимозависимости функций, а также взвешенные оценки их социально-экономической значимости.

Помимо значения или значимости всех компонентов ландшафта, не менее важно определить их чувствительность к различным воздействиям — природным (например, изменения климата) и, главным образом, антропогенным. Для определения их параметров используются различные критерии и их поиск тоже важное и сложное дело. Сами же категории «значение и чувствительность» понимаются следующим образом.

Под категорией «значение» понимается уровень соответствия эталону представлений о необходимом состоянии данного компонента природной среды, оцениваемому экспертно. Это соответствие рассматривается только в связи с необходимостью успешной или оптимальной реализации приоритетной целевой функции использования, индивидуальной для каждого природного компонента. Уровень соответствия определяется на основе набора критериев, учитывающих специфику объекта оценки и целевую функцию использования.

Под категорией «чувствительность» понимается способность данного природного компонента изменять свои свойства и динамические характеристики под воздействием хозяйственной деятельности человека. Критерии оценки чувствительности рекомендуется выбирать также в зависимости от приоритетной целевой функции использования.

Для каждого природного компонента набор критериев и их интерпретация в категории значения и чувствительности имеют свои специфические особенности.

Поскольку ландшафтное планирование представляет собой одну из форм территориального, важно определить его место и роль в этой системе. Они выявляются при анализе возможностей всех от-

раслевых форм и общего территориального планирования обеспечивать выполнение ландшафтом его указанных выше функций.

Общим территориальным планированием у нас претендует быть градостроительное, но оно на протяжении последних лет шаг за шагом утрачивает эту роль, превращаясь в инструмент экономического назначения и не отвечая современному экологическому императиву. Отраслевых территориальных форм планирования действует у нас немного.

Землеустроительное, лесохозяйственное, водохозяйственное и транспортное выполняют свои задачи обособленно, почти не взаимодействуя. Более интегративным по назначению и по применяемым методам является природоохранное планирование, однако оно существует скорее де-юре, нежели де-факто. Иногда составляются, но не узаконены и не получили должного развития территориальные комплексные схемы охраны природы (ТерКСОПы) и экологические сети. Их связи и соотношения схематически указаны ниже на рисунке.

В заключении этого краткого изложения принципов и задач ландшафтного планирования укажем характерные ситуации, в которых оно может быть востребовано в России:

- осваивается новая территория (в хозяйственных или природоохранных целях),
- ухудшается экологическая обстановка или развивается кризис, который необходимо преодолеть,
- перераспределяется собственность на землю и у новых собственников возникают новые намерения,
- возникает множество хозяйственных инициатив, часто противоречивых,
- инвесторы ищут объекты или территории для вложения своих средств,
- планируются крупные проекты, место реализации которых и последствия нужно определить,
- органы экологической экспертизы и контроля нуждаются в информации о допустимости намеченных воздействий,
- властями формируются новые программы территориального развития.

Повторное планирование или его корректировка нужны, если:

- изменилась нормативно-законодательная база,
- произошли значительные социально-экономические изменения, требующие пересмотра целей развития,
- возникли новые природоохранные приоритеты,

- экологическое состояние территории существенно улучшилось,
- обострились экологические проблемы,
- предложенные действия и мероприятия не достигают намеченных целей.

МЕСТО И РОЛЬ ЛАНДШАФТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Федеральный и макрорегиональный уровни

Центры и оси расселения,
инфраструктурный каркас



Региональный и субрегиональный уровни

Ландшафтная структура территории

Отраслевые
планы
(земельные,
водные, приро-
доохр. и пр.)



Ландшафтная
программа
и
ландшафтные
планы



Отраслевые
планы
(лесные,
градостр. и пр.)



Субрегиональный уровень

Ландшафтная и биотопическая структура территории

Экосети

ТерКСОПы

Экосети

Детальные планы развития, застройки, озеленения
муниципальной территории или ее части

РИС. 101. Место и роль ландшафтного планирования.

10.2. Инженерная биология как инструмент реализации целей ландшафтных планов

Общая цель разработки ландшафтных планов, как было показано выше, это обеспечение устойчивого использования ресурсов ландшафта с сохранением его способности к нормальному функционированию, к выполнению всех основных функций. Для достижения этой общей цели предпринимается выявление, взвешивание частных целей и интересов разных природопользователей и их согласование с задачами охраны окружающей среды. Далее разрабатывается согласованный план действий и мероприятий, направленных на решение поставленных задач и возникающих проблем.

Принципы определения целей территориального развития

Все частные цели группируются в три различных типа:

- сохранение,
- развитие,
- улучшение.

Первый тип целей ориентирован на сохранение существующего состояния природной среды, что возможно лишь в случае, когда территория либо не используется, либо имеет место ее экстенсивное использование. Этому типу целей соответствуют следующие типы действий:

- сохранение «неиспользования»;
- сохранение экстенсивного использования;
- отказ от интенсивного использования и его перевод в экстенсивные формы,
- отказ от любых современных форм использования и попыток использования в будущем.

Второй тип целей ориентирован на развитие территории. При этом допускается как экстенсивное, так и интенсивное развитие. При реализации цели использования территории «развитие» режим ее охраны (природоохранный статус) либо остается прежним, либо понижается на одну ступень. Для такого типа целей возможны следующие типы действий:

- сохранение существующего экстенсивного использования;
- сохранение существующего интенсивного использования при условии его оценки и регламентирования;

- перевод неиспользуемой территории в категорию экстенсивного использования;
- перевод неиспользуемой или слабо используемой территории в категорию интенсивного использования (регламентированная интенсификация развития).

Третий тип целей предусматривает только комплекс действий по улучшению территории. Это касается территорий, которые подвергались в прошлом или подвергаются в настоящее время интенсивному использованию.

Использование инженерно биологических мероприятий особенно эффективно в целях улучшения территории, но возможно и в целях ее развития.

Следует подчеркнуть, что любой из типов целей применительно к достаточно большой по площади территории, охватываемой ландшафтным планом, следует рассматривать как предпочтительный для этой территории, не исключающий других вариантов использования на локальных участках.

Определение типа частных целей развития проводится на основании определения значения и чувствительности отдельных компонентов и всего ландшафта.

- Цель «сохранение» принимается там, где территория имеет наивысшее значение и более высокую чувствительность.

- Цель «улучшение» принимается на территориях, обладающих низким значением. Дополнительно анализируется реальное использование и нарушенность территории и если именно нарушенностью территории обуславливается снижение ее значения, то эта территория включается в зону «улучшение».

- Цель «развитие» принимается на остальной территории, при этом особое внимание уделяется оценке устойчивости как одному из критериев чувствительности. При невысокой устойчивости территории ее развитие не рекомендуется.

Частные цели использования и охраны территории сопоставляются между собой и в результате процедур взвешивания и согласования формируются интегральные цели. При этом принимаются во внимание совместимость или несовместимость разных форм природопользования и охраны природы, определяются приоритетные и дополнительные формы использования. Все варианты интегральных целей группируются в те же три основные категории, что и частные цели, а именно: сохранение, улучшение, развитие.

После определения разных целей развития для разных участков всей территории, охватываемой ландшафтным планом, составляются конкретные планы действий и мероприятий для достижения поставленных целей.

В качестве подходящих мер во многих случаях могут быть эффективно использованы приемы инженерной биологии. Эти приемы разрабатываются как действия, адаптированные к условиям конкретных ландшафтов, и существенно способствуют улучшению экологической ситуации.

Пример для городской территории

Рассмотрим возможности использования инженерно-биологических приемов для реализации целей, действий и мероприятий, предписанных ландшафтным планом города Байкальска, расположенного на берегу озера Байкал рядом с печально известным Байкальским целлюлозно-бумажным комбинатом — загрязнителем этого ценнейшего озера, включенного решением ЮНЕСКО в список Всемирного природного наследия.

Ландшафтный план города, составленный коллективом сотрудников Института географии Сибирского отделения Российской академии наук¹, определяет следующие основные цели территориального развития.

1. Сохранение современного состояния/использования
 - 1.1. с полным отказом от использования
 - 1.2. с отказом от отдельных видов использования.
2. Улучшение нарушенных земель и сохранение особо ценных участков.
3. Развитие существующего и планируемого использования с учетом природоохранных ограничений.

Эти три типа основных целей по-разному конкретизируются и детализируются через перечни действий и мероприятий, предписанных для осуществления на различных участках территории города — в прибрежной водоохраной и защитной зоне озера, на са-

¹ Территориальное развитие г. Байкальска и его пригородной зоны. Серия «Экологически ориентированное планирование землепользования в Байкальском регионе». Иркутск, Издательство Института географии СО РАН, 2003, 191 с.

мой городской территории в ее жилых и промышленных зонах и в пригородах. Ниже приводятся некоторые примеры предлагаемых мероприятий.

Для прибрежной зоны озера предлагаются:

- в целях *сохранения* — меры по защите и восстановлению сохранившихся болотных и долинных биотопов, в том числе путем восстановления растительных сообществ до состояния, близкого естественному;
- в целях *улучшения* — защита абразионных и абразионно-аккумулятивных берегов, особенно примыкающих к жилой застройке и промышленной зоне;
- в целях *развития* — обустройство пляжей и прибрежных зон отдыха, а также в порядке компенсации экологическая санация, защита и восстановление соседних участков берега.

Для городской территории предлагаются:

- в целях *сохранения* — изоляция и защита местообитаний с редкими видами, постоянная поддержка существующей сети зеленых насаждений;
- в целях *улучшения* — формирование новых зеленых насаждений с высокими защитными функциями вдоль транспортных магистралей и вокруг промышленных предприятий, защита русел водотоков для предупреждения их разрушения и уменьшения риска паводков;
- в целях *развития* — формирование городских зон отдыха.

Для лесных территорий в пригородной зоне предлагаются:

- в целях *сохранения* — содействие лесоводам в поддержании естественной структуры и разнообразия наименее нарушенных сохранившихся ценных насаждений;
- в целях *улучшения* — восстановление темнохвойных лесных насаждений с высокими водозащитными и противоэрозионными функциями, проведение мероприятий, направленных на защиту от паводков, лавин и селей;
- в целях *развития* — создание и обустройство зон отдыха (оформление сети прогулочных дорожек, мест для пикников, стоянок и т.п.).

Как видно из этих перечней целей и мероприятий, для реализации предписанных ландшафтным планом действий может применяться весьма широкий спектр инженерно-биологических приемов.

Могут использоваться, в частности, инженерно-биологические приемы укрепления берегов водоемов (глава 4), защиты склонов от эрозии (глава 2), методы создания насаждений на городских территориях (глава 6) и ряд других (глава 7). При этом весьма важно, что планом указаны места применения тех или иных мероприятий.

В то же время, в каждом конкретном случае для комплексного решения поставленных ландшафтным планом задач, необходимо творчески выбирать нужные сочетания приемов и методов. Так, для города Байкальска важно, например, предусмотреть, чтобы применение водорегулирующих инженерно-биологических приемов на лесных склонах в пригородах не затрудняло восстановление болотных экосистем в прибрежной зоне, чтобы при обустройстве рекреационных территорий в городе не возникла угроза нарушения сохранившихся местообитаний редких и особо ценных видов растений и тому подобные ситуации.

Пример для охраняемой территории

В том же Байкальском регионе сотрудниками того же Института географии разработан ландшафтный план для национального парка «Забайкальский»².

Нужно подчеркнуть важную общую особенность ландшафтного планирования территорий национальных парков. Все эти парки создаются на основе территориального проекта, предусматривающего выделение определенных функциональных зон — абсолютно заповедной, особой охраны экосистем, восстановления экосистем, познавательного туризма, обслуживания посетителей, традиционного природопользования и других. Это означает, что часть задач ландшафтного планирования выполняется уже на стадии проектирования парка и поэтому для ряда его участков, например, для зон заповедной, особой охраны и восстановления экосистем, весь объем ландшафтно-планировочных работ выполняться не должен. Для ряда участков не должны предусматриваться и все предусмотренные процедурами ландшафтного планирования цели развития и планы действий.

С учетом сказанного в Забайкальском национальном парке рекомендованы:

² Территориальная организация Забайкальского национального парка. Иркутск, Издательство Института географии СО РАН, 2002, 125 с.

- для зоны особой охраны — организация и защита инфраструктуры маршрутов и объектов экологического туризма;
- для зоны познавательного туризма — сооружение и обустройство видовых площадок и мест временного ночлега и отдыха;
- для зоны стационарного обслуживания посетителей — обустройство постоянных сооружений туристской инфраструктуры, создание специальной рекреационной «зеленой» среды;
- для зоны традиционного природопользования (в данном парке это преимущественно рыболовство) — санитарно-гигиенические меры, поддержка устойчивости берегового растительного покрова и экосистем зоны.

Данный пример показывает, что при очевидном сходстве задач по обустройству элементов туристской инфраструктуры во всех функциональных зонах парка, необходимо выбирать инженерно-биологические приемы и растения, обладающие свойствами, адекватные требованиям различий в природоохранных режимах этих зон. Так, в зоне особой охраны недопустимы сооружения из чужеродных растений, в то время как в зоне постоянного обслуживания посетителей могут быть использованы и экзотические растения, но со строгим ограничением возможностей их распространения по территории парка.

Общие требования к подбору инженерно-биологических приемов при выполнении задач ландшафтного планирования

Приведенные примеры ясно показывают, что выполнение предписаний ландшафтных планов требует не просто подбора отдельных стандартных инженерно-биологических приемов, но формирования их целостных ансамблей и пространственных сочетаний.

Такие ансамбли и сочетания методов и сооружений должны формироваться в соответствии с тремя главными требованиями, а именно с учетом того, каковы:

- 1) обусловленные планировочными целями (сохранение, развитие, улучшение) разные задачи в пределах разных участков культурного ландшафта одного типа (городского, аграрного и т.д.);
- 2) природные обстановки на территориях планирования – прежде всего, климатические, почвенно-субстратные, геоморфологические условия, в которых осуществляются одни и те же цели планирования при однотипном использовании территории (пашня, селитьба) и на однотипных элементах ландшафта (берега, откосы дорог, склоны, понижения и т.п.);

3) особенности пространственной (морфологической) структуры ландшафта и обусловленный ею характер латеральных связей между морфологическими частями ландшафта.

В соответствии с первым требованием в пределах территории ландшафта одного типа, например, в пределах города или обширного техногенного ландшафта, озеленение должно осуществляться по-разному для достижения разных целей на разных участках территории. Для сохранения плодородия почвы (цель «сохранение») могут использоваться травосмеси, для создания рекреационных зон (цель «использование») могут формироваться насаждения паркового типа, для защиты от шума и распространения вредных воздушных выбросов (цель «санация») — специальные зеленые полосы. Для озеленения крыш и фасадов зданий (цель «улучшение» — в данном случае — теплового режима и эстетического облика) — особые субстраты и комбинированные защитные растительные покрытия. Подчеркнем, что соответствующие цели и места их осуществления задаются ландшафтным планом.

В соответствии со вторым требованием для решения однотипных задач озеленения должны выбираться те виды растений и приемов их посадки, которые будут адекватны, например, для таких контрастных климатических условий как холодные полярные и жаркие аридные климаты. В первом случае необходимо будет учитывать главный лимитирующий фактор — дефицит тепла. Поэтому здесь, наряду с подбором холодостойких растений, придется, принимать во внимание и очень существенные различия между склонами (или стенами зданий) северных и южных экспозиций. Во втором случае главным лимитирующим фактором является дефицит влаги. Поэтому здесь, наряду с выбором засухоустойчивых растений, необходимо будет учитывать различия между пониженными и относительно повышенными элементами рельефа, определяющими различия в количестве, составе и глубине грунтовых вод. Весьма важно во всех случаях учитывать и различия в механическом и химическом составе почв и подстилающих материнских пород.

В соответствии с третьим требованием при формировании целостного ансамбля инженерно-биологических приемов и сооружений необходимо учитывать пространственные связи между структурными (морфологическими) элементами ландшафта.

Эти связи весьма важны, например, для обеспечения устойчивости всей системы полезащитных лесных полос на пространстве степных и лесостепных ландшафтов — равнинных и с более или

менее густой сетью ложбин или балок. Принципы формирования системы лесных полос и их различные состав и конфигурация, подходящие для таких ландшафтов, весьма полно и обоснованно были сформулированы еще в начале 1960-х гг.³

Следует различать две группы принципов. Первая касается расчета ширины полос, их строения, расстояния между полосами, обеспечивающего выполнение ими ветроломных, стокопоглощающих, противозрозионных и других функций. Вторая группа касается размещения полос разных типов в зависимости от ландшафтной структуры территории.

В соответствии с ландшафтной структурой выбираются места размещения полос разного типа и назначения. Приведем некоторые простые примеры.

1. Ветроломные полосы:

– на плоских равнинных территориях с однородными ландшафтами простой структуры ветроломные полосы обычно формируют основную часть сети, располагаются равномерно – или поперек направления постоянных ветров, или клетками;

– на территориях с более расчлененным рельефом и более сложной ландшафтной структурой ветроломные полосы уместны на широких и плоских водоразделах, но на узких и выпуклых водоразделах они могут принести больше вреда, чем пользы, так как собирают много снега, не обеспечивают при этом достаточное поглощение талых вод и поэтому способствуют развитию эрозии.

2. Водопоглощающие и противозрозионные полосы размещаются с учетом формы и уклона поверхности, направления линий стока, расположения распаханых и покрытых растительностью участков, мощности и степени смытости почв и некоторых других параметров структуры ландшафта.

3. Прибровочные полосы создаются вдоль ложбин в условиях расчлененного рельефа и сложной ландшафтной структуры. Обычно полосы создаются вдоль ложбин с обеих сторон, но возможно размещение и с одной стороны — если перенос снега метелями происходит всегда в одном направлении, то полоса располагается с заветренной стороны, чтобы снежный шлейф формировался не в ложбине, а на прилегающем поле.

³ Арманд Д.Л. 1961. Физико-географические основы проектирования сети полезащитных лесных полос. М.: Изд-во АН СССР.

В ландшафтах с расчлененным рельефом и сложной структурой следует формировать сочетания полос разных типов, при этом одни и те же полосы могут выполнять не одну, а несколько функций.

Эти принципы, основанные на учете закономерностей ветрового переноса и стока, дополняются учетом особенностей геохимической миграции между автономными, транзитными и аккумулятивными ландшафтами. Учитываются и особенности миграции животных, а также необходимость сохранения присущего данному ландшафту биологического разнообразия.

Следует остановиться еще на одном аспекте взаимоотношений между ландшафтным планированием и инженерной биологией. Это четвертое требование, заключающееся в необходимости учета шкалы времени.

Ландшафтные планы и перечни предлагаемых ими действий и мероприятий обычно составляются на 10–15 лет. За такое время удастся изменить режимы землепользования, провести намеченные строительные и мелиоративные мероприятия, осуществить необходимые посадки трав, кустарников, деревьев. Но эффект действия запланированных и выполненных мероприятий не должен ограничиваться таким сравнительно коротким сроком. Он должен быть долговременным и устойчивым.

С этой целью в насаждениях следует не только сочетать виды растений, обладающих совместимыми и не слишком короткими характерными временами развития и жизни. Нужно обеспечивать этим насаждениям способность к самовозобновлению. А это возможно при условии, что состав и структура насаждений соответствует особенностям сукцессий растительного покрова, присущих данному ландшафту. Характер насаждений должен быть также адекватен особенностям естественной динамики соответствующего ландшафта. Например, в лесостепной зоне с существенно изменчивыми от года к году режимом осадков, целесообразно создавать многовидовые сообщества, включающие виды с различными экологическими характеристиками, например, со способностями к семенному и вегетативному размножению, с широким диапазоном требований к условиям увлажнения и т.п.

Таковы основные особенности взаимосвязей ландшафтного планирования с инженерной биологией. Более полно они охарактеризованы в специальной литературе.

ЛИТЕРАТУРА

- Авакян А.Б., Салтанкин В.П., Шарапов В.А. 1978. Водохранилища. М.: Мысль. 315 с.
- Агролесомелиорация. 1979. / В.Н. Виноградов (ред.). М.: Лесн. пром-сть. 320 с.
- Ананенков А.Г. и др. 2000. Экологические основы землепользования. (материалы по альгофитомелиорации). М. 316 с.
- Ананьев В.П., Коробкина В.И. 1973. Инженерная геология. М.: Высшая школа. 293 с.
- Арманд Д.Л. 1975. Наука о ландшафте (основы теории и логико-математические методы). М.: Мысль. 289 с.
- Бибиков В.В. 2002. Гидротехнические мелиорации: Учебник для вузов. С.-Пб.: ЛТА. 270 с.
- Войткович Г.В. 1983. Происхождение и химические эволюции земли. М.: Наука. 293 с.
- ГОСТ 17.5.1.01-83. Рекультивация земель: термины и определения. 1983. М: 9 с.
- ГОСТ 17.5.1.02-85. Охрана природы. Земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации. 1985. М. 16 с.
- ГОСТ 26640-85. Земли: термины и определения. 1985. М. 10 с.
- Денисов А.К. 1963. Защитно-водоохранная роль прирусловых лесов и принципы хозяйства в них. М. 140 с.
- Динамика лесистости в малолесных районах европейской части России. Проблемы и перспективы / Матер. Всерос. науч.-техн. конф., 24-25 октября 2002. 2003. Воронеж: ВГЛТА. 132 с.
- Добровольский Г.В., Афанасьева Т.В., Балабко П.Н., Федоров К.Н. 1984. Морфогенетические и режимно-экологические принципы классификации аллювиальных почв // Почвы речных долин и дельт, их рациональное использование и охрана / Тез. докл. Всесоюзн. конф. М.: Изд-во МГУ. С. 4-5.
- Дюков А.Н. 2002. Гидротехнические мелиорации. Проектирование плотинного пруда на местном стоке: Учеб. пособие / А.Н. Дюков, П.Ф. Андрищенко (ред.) Воронеж: Воронеж. гос. лесотех. акад. 50 с.
- Елпатьевский М.М., Кирюшкин В.Н., Константинов В.К. 1978. Лесохозяйственное освоение болот. М.: Лесная пром-ть. 134 с.
- Железные дороги. Общий курс. Учебник. 1981. Филиппов М.М., Уздин М.М., Ефименко Ю.Н. и др. / М.М. Филиппов (ред.) М.: Транспорт. 343с.
- Житин Ю.И. 2003. Ландшафтоведение: Учеб. пособие / Ю.И. Житин, Т.М. Парахневич (ред.). Воронеж: ВГАУ. 218 с.

- Ивонин В.М. 2004. Лесные мелиорации ландшафтов. Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ. Изд-е второе, допол. и испр. 280 с.
- Инженерная защита окружающей среды. 2002. / Ю.А. Бирман, Н.Г. Вурдова (ред.). М.: Изд-во АСВ. 296 с.
- Инженерная подготовка застраиваемых территорий. 1974. Киев: Изд-во «Будивельник». 276 с.
- Инженерная подготовка и благоустройство городских территорий. 2004. / Владимирова В.В. Давидянц Г.Н., Расторгуев О.С., Шафран В.Л. М.: Архитектура. 240 с.
- Инженерная экология и экологический менеджмент: Учебник. 2003. / М.В. Буторина, П.В. Воробьев, А.П. Дмитриева и др. / Н.И. Иванов, И.М. Фадин (ред.). М.: Логос. 528 с.
- Инженерная экология: Учебник. 2002. / В.Т. Медведев (ред.). М.: Гардарики. 687 с.
- Инженерное благоустройство городских территорий: Учебник для вузов. 1979. / В.Э. Горохов, Л.Б. Лунц, О.С. Расторгуев. М.: Стройиздат. 239 с.
- Исаченко А.Г. 1991. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. М.: Высшая школа. 366 с.
- Ковалев Н.Г., Малинин Б.М., Барановский И.Н. 2002. Традиционные органические удобрения и КМН на мелиорированных почвах Нечерноземья. Тверь. 158 с.
- Ковда В.А. 1977. Аридизация суши и борьба с засухой. М.: Наука. 272 с.
- Ковда В.А. 1989. Проблемы защиты почвенного покрова и биосферы планеты. Пушкино. 154 с.
- Колесников Б.П. 1978. Методы изучения биогеоценозов в техногенных ландшафтах // Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов / Б.П. Колесников, Л.В. Моторина (ред.). М.: Наука. С. 5–12.
- Константинов В.К., Корепанов А.А. 2004. Естественное лесовозобновление на осушаемых болотах // Мелиоративная энциклопедия. М.: ФГУ «Росинформагротех». Т. 1. С. 474–475.
- Кормыш Е.И. 2004. Биоплато // Мелиоративная энциклопедия. – М.: ФГУ «Росинформагротех». Т. 1. С. 474–475.
- Крюденер А.А. 2003. Инженерная биология. М.: МГУЛ. 172 с.
- Лазарева И.В. 1989. Восстановление и использование нарушенных территорий для градостроительства. Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. М. 53 с.
- Лисицин А.П. 1989. Осадкообразование в океанах. М.: Наука. 438 с.
- Малов Р.В. 1982. Автомобильный транспорт и защита окружающей среды / Р.В. Малов, В.И. Ерохов, В.А. Щетина, В.Б. Беляев. М.: Транспорт. 200 с.
- Маслов Б.С. 2004. Мелиорация вод и земель. М. 277 с.
- Мильков Ф.Н. 1973. Человек и ландшафты. М.: Мысль. 224 с.

- Михно В.Б. 2002. Ландшафтные основы проектирования мелиоративных систем: Учеб. пособие / В.Б. Михно, А.И. Добров. (ред.) Воронеж: ВГПУ. 197 с.
- Облесение нарушенных и бросовых земель ЦЧР. 2000. / Сб. мат. 4-й Международ. науч.-практ. конф. «Биологическая рекультивация нарушенных земель», посвященной 30-летию Воронежской школы рекультиваторщиков / Я.В. Панков (ред.). Воронеж: ВГЛТА. 110 с.
- Овчинников В.А. 1964. Исследование формирования внутренних отвалов при восстановлении нарушенных территорий. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М. 17 с.
- Одноралов Г.А. 1986. Влияние Воронежского водохранилища на почвенный покров и фитоценозы его левобережья. Дис. ... канд. биол. наук. Воронеж. 313 с.
- Оптимизация ландшафтов зональных и нарушенных земель. 2005. // Матер. Всерос. научн.-практ. конф. Воронеж, 22–24 сентября 2004 г. / Я.В. Панков (ред.). Воронеж: Изд-во ВГУ. 320 с.
- Павловский Е.С. 1988. Экологические и социальные проблемы агролесомелиорации. М.: ВО Агропромиздат. 188 с.
- Панков Я.В. и др. 1991. Лесная рекультивация нарушенных земель. Воронеж. 184 с.
- Панков Я.В. 1991. Выращивание лесных культур на отвалах КМА // Основы рационального освоения недр КМА. Воронеж: Изд-во ВГУ. С. 129–141.
- Панков Я.В. 1991. Лесная рекультивация нарушенных земель / Я.В. Панков, Ф.Е. Иванов, В.Н. Данько и др. Воронеж: Изд-во ВГУ. 184 с.
- Панков Я.В. 2003. Лесная рекультивация техногенных земель КМА / Я.В. Панков, П.Ф. Андрущенко. Воронеж: ВГЛТА. 118 с.
- Панков Я.В. 1996. Научные основы биологической рекультивации техногенных ландшафтов. Дис. ... доктора с.-х. наук. Воронеж. 388 с.
- Панков Я.В. 1988. Чтобы не было «лунных» ландшафтов // В ответе – каждый. Воронеж: Центр.-Чернозем. кн. издат. С. 56–65.
- Преображенский В.С., Александрова Т.Д. 1988. Становление ландшафтной экологии // Изв. АН СССР. Сер. географ. № 3. С. 124–127.
- Петров Н.Г. 1986. Ландшафтная агролесомелиорация. М.: Колос. 176 с.
- Подольский В.П., Артюхов В.Г., Турбин В.С., Канищев А.Н. 1999. Автотранспортное загрязнение придорожных территорий. Воронеж: Изд-во ВГУ. 264 с.
- Рекомендации по применению почвозащитных мероприятий на осушительных системах и прилегающих территориях. 1998. М.: ВНИИГиМ. 48 с.
- Рекомендации по созданию лесных культур и интенсификация их роста на нарушенных землях КМА. 1991. Губкич-Воронеж. 17 с.
- Седенко М.В. 1975. Геология, гидрогеология и инженерная геология.

- Минск: Изд-во «Вышэйшая школа». 380 с.
- Румянцев И.С., Кремер Р.К. 2003. Использование методов инженерной биологии в практике гидротехнического и природоохранного строительства / Румянцев И.С. (ред.). М.: МГУП. 259 с.
- Система земледелия на мелиорированных землях Нечерноземной зоны РСФСР (рекомендации). 1984. М. 280 с.
- Советский энциклопедический словарь. 1988. М.: Советская энциклопедия С. 686, С. 980.
- Справочник «Осушение». 2004. / Б.С. Маслов (ред.). М.: Ассоциация ЭКОСТ. 607 с.
- Сугробов Н.П. 2004. Строительная экология. М.: Издательский центр «Академия». 416 с.
- Сухоруких Ю.И. 1997. Экологические проблемы на Северном Кавказе. Майкоп.
- Тарчевский В.В. 1970. О выделении новой отрасли ботанических знаний — промышленной ботаники // Растительность и промышленные загрязнения. Свердловск: УрГУ. С. 5–9.
- Теодоронский В.С. 2003. Садово-парковое строительство: Учебник для студентов спец. 260500. М.: МГУЛ. 336 с.
- Теодоронский В.С., Боговая И.О. 2003. Объекты ландшафтной архитектуры: Учебное пособие для студентов спец. 260500. М.: МГУЛ. 330-с.
- Трещевский И.В., Иванов Ф.Е., Панков Я.В. 1978. Лесная рекультивация земель, нарушенных горнотехническими работами. Л. 42 с.
- Трещевский И.В., Шаталов В.Г. 1982. Лесные мелиорации и зональные системы противозрозионных мероприятий. Учебное пособие. Воронеж: Изд-во ВГУ. 264 с.
- Федотов В.И. 1988. Техногенные ландшафты: структура, функционирование и географические подходы к их оптимизации (на примере лесостепной и степной зон Русской равнины. Автореф. дис. ... д-ра географ. наук. Киев. 40 с.
- Шаталов В.Г. 1997. Лесные мелиорации. Воронеж: Квадрат. 214 с.
- Шаталов В.Г. 1975. Приусловые леса ЦЧО. Воронеж. 120 с.
- Шаталов В.Г., Трещевский И.В., Якимов И.В. 1984. Пойменные леса. М.: Лесная промышленность. 158 с.
- Achten H. 1998: Wasserwirtschaft // Wendehorst Bautechnische Zahlentafeln. Teubner Verlag.
- Begemann W.U. Schiechl, H.M. 1994: Ingenieurbiologie. Bauverlag
- Bestmann L. 1997. Erfahrungen mit Röhricharten an Talsperren // Ingenieurbiologie und stark schwankende Wasserspiegel an Talsperren. Jahrbuch 8 der Gesellschaft für Ingenieurbiologie. S. 107–112.
- Beaver S.H. 1960. Land Reclamation in Practice // Journal Royal Institution of

Chartered Surveyors. S. 92–96.

- Brandl H. 2001. Stützbauwerke und konstruktive Hangsicherungen // Grundbautaschenbuch Hrsg. Smolczyk - Ernst u. Sohn Verlag.
- Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau 1996: Merkblatt 238. Ermittlung der Verdunstung von Land und Wasserflächen. Kommissionsvertrieb Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH Bonn.
- Fink S. 1980. Anatomische Untersuchungen über das Vorkommen von Spross- und Wurzelanlagen im Stammbereich von Laub- und Nadelbäumen. Teil I Proventive Anlagen; Teil II Adventive Anlagen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 151Jg. Hf. 9, 10.
- Florineth F. 2004. Skript für die Vorlesung: Ingenieurbiologie. Wien.
- Fournier M. 1973. Stitisation des basin – versants, d investigation hydrologique par l, etyde de l, erosion du sol. // Bull. Ass. Global Dustfall durina the Quationary as Related to Environment. Soll S.C. Vol. 116. No. 3.
- Hacker E. 1997. Pflanzen – Überstauung – Ingenieurbiologie, Ergebnisse einer Literaturrecherche // Ingenieurbiologie und stark schwankende Wasserspiegel an Talsperren. Jahrbuch 8 der Gesellschaft für Ingenieurbiologie. S. 73–84.
- Hacker E. 2004. Skript für die Vorlesung: Grundlagen der Ingenieurbiologie. Hannover.
- Hellberg F. 1995. Entwicklung der Grünlandvegetation bei Niedervernässung und periodischen Überflutungen – vegetationsökologische Untersuchungen in nordwestdeutschen Überflutungspoldern. Cramer-Bornträger Verlagsbuchhandlung. Berlin-Stuttgart.
- Larcher W. 1973. Ökologie der Pflanzen. Eugen - Ulmer Verlag; Stuttgart.
- LFU Landesamt für Umweltschutz Baden-Württemberg. 1996. Handbuch Wasser 2 – Naturnahe Bauweisen im Wasserbau
- Lüdemann F. 1995: Ressourcensicherung im Sahel Erosionsschutz durch Selbsthilfe. Margraf Verlag Weikersheim.
- Lyr, H., Fiedler H.J., Tranquillini W. 1992. Physiologie und Ökologie der Gehölze, Gustav Fischer Verlag, Jena – Stuttgart.
- Maniak U. 1995. Ingenieurhydrologie // Der Ingenieurbau. Verlag Ernst u. Sohn.
- Mendel H.G. 2000. Elemente des Wasserkreislaufs: Eine kommentierte Bibliographie zur Abflussbildung. Hsg.: Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz. 1. Aufl. Berlin: Analytica.
- Muth W. 1991. Landwirtschaftlicher Wasserbau. Werner Verlag Düsseldorf.
- Paprzycki E. 1956. Klasyfikacja nieuzytkow przemyslowych ZOP PAN // Bioul. No. 1. S. 3–8.
- Rössert R. 1984. Grundlagen der Wasserwirtschaft und Gewässerkunde. Oldenbourg Verlag.
- Rössert R. 1999. Hydraulik im Wasserbau. Oldenbourg Verlag.
- Schiechtel H.M. 1973. Sicherungsarbeiten im Landschaftsbau. Callwey Verlag – München.

- Schroeder E., Schneider K. 1994. Grundlagen des Wasserbaus. Werner Verlag.
- Schröder W. 1998. Wasserbau u. Wasserwirtschaft // Schneider – Bautabellen für Ingenieure. Werner V.
- Schröder W., Römisch K. 2001. Gewässerregelung Binnenverkehrswasserbau. Werner V.
- Schlüter U. 1996. Pflanze als Baustoff. Patzer verlag / Schröder W., Euler G. Schneider K., Knauf D. (eds.). Grundlagen des Wasserbaus. Werner V.
- Tobias S. 1991. Bautechnisch nutzbare Verbundfestigkeit von Boden und Wurzel. Diss. ETH - Zürich Nr. 9483.
- Vollinger S., Doppler F., Florineth F. 2000. Ermittlung des Stabilitätsverhaltens von Ufergehölzen im Zusammenhang mit Erosionsprozessen an Wildbächen. Studie im Auftrag des Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. Eigenverlag Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Landschaftsplanung und Ingenieurbiologie, Arbeitsbereich Ingenieurbiologie und Landschaftsbau. 107 p.
- Weitzer C., Doppler F., Florineth F. 1999. Untersuchungen über die Wirksamkeit von Pflanzen in Einzugsgebieten des Forsttechnischen Dienstes der Wildbach- und Lawinenverbauung. 2. überarb. Aufl., Arbeitsb. Ingenieurbiologie u. Landschaftsbau. Univ. f. Bodenkultur Wien. Hrsg. BMLF. Gruppe V/C. Wien.

БИОЛОГИЯ

СЕРИЯ «ОПРЕДЕЛИТЕЛИ ПО ФЛОРЕ И ФАУНЕ РОССИИ»

Ивы европейской части России [Вып.5]. Е.Т. Валягина-Малюткина. 2004. 217 с. Формат 170 x 242 мм. Тв. перепл. — Цена 150 руб.

Булавоусые чешуекрылые Северной Азии [Вып.4]. Ю.П. Коршунов. 2002. 424 с. с портр., илл. Формат 170 x 244 мм. Тв. перепл. —

Цена 300 руб. — **Определитель сосудистых растений севера Российского Причерноморья.** А.С. Зернов. 2002. 283 с., илл. Формат 170 x 244 мм. Тв. перепл. — Цена 150 руб. — **Наземные звери**

России. Справочник-определитель. [Вып.2]. И.Я. Павлинов и др. 2002. 298 с. Формат 170 x 244 мм. Тв. перепл. — Цена 150 руб.

Также планируется: А.Л. Львовский, Д.В. Моргун. Булавоусые чешуекрылые Восточной Европы. — Е.Т. Валягина-Малюткина. Деревья и кустарники зимой. 2-е изд. (подготовлено к печати). — Л.В. Аверьянов и др. Иллюстрированный определитель сосудистых растений Ленинградской области (подготовлено к печати).

ПРОЧИЕ ОПРЕДЕЛИТЕЛИ ПО ФЛОРЕ И ФАУНЕ

Флора средней полосы европейской части России. 10-е изд. П.Ф. Маевский. 2006. 600 с. Формат 210 x 290 мм. Тв. перепл. — Цена 400 руб. — **Определитель сосудистых растений Соловецкого архипелага.** К.В. Киселёва, В.С. Новиков, Н.Б. Октябрёва, А.Е. Черенков. 2004. 175 с., цв. фото. Формат 170 x 240 мм. Тв. перепл. —

Цена 130 руб. — **Иллюстрированное руководство для ботанических практик и экскурсий в Средней России.** В.Э. Скворцов. 2004. 506 с. Формат 170 x 240 мм. Тв. перепл. — Цена 220 руб. —

Флора Восточной Европы. Том 11. Н.Н. Цвелев (ред.). 2004. 535 с. Формат 170 x 240 мм. Тв. перепл. — Цена 200 руб. — **Иллюстри-**

рованный определитель растений Средней России. Том 3. И.А. Губанов, К.В. Киселева, В.С. Новиков, В.Н. Тихомиров. 2004. 520 с. Формат 210 x 295 мм. Тв. перепл. — Цена 280 руб. **Том 2.** 2003. 665 с. — Цена 280 руб. **Том 1.** 2002. 526 с. с портр. — Цена 280 руб.

— **Определитель грибов России. Дискомицеты. Вып.1. Копротрофные виды.** В.П. Прохоров. 2004. 255 с. Формат 145 x 218 мм. Тв. перепл. — Цена 120 руб.

Также планируется: Е.А. Коблик, Е.Н. Курочкин. Атлас птиц запада России. — Н.Н. Марфенин, С.А. Белорусцева. Атлас беспозвоночных Белого моря (подготовлено к печати).

СЕРИЯ «РАЗНООБРАЗИЕ ЖИВОТНЫХ»

Мамонт [Вып.3]. А.Н. Тихонов. 2005. 90 с., цв. вкл. Формат 145 x 205 мм. — Цена 50 руб. — **Городские комары, или «дети подземелья» [Вып.2].** Е.Б. Виноградова. 2004. 96 с., цв. вкл. Формат 145 x 205 мм. — Цена 50 руб. — **Гидра: от Абраама Трамбле до наших дней [Вып.1].** С.Д. Степаньянц, В.Г. Кузнецова, Б.А. Анохин. 2003. 101 с. + цв.вкл. Формат 145 x 205 мм. — Цена 50 руб.

УЧЕБНИКИ ДЛЯ ВУЗОВ

Основы микологии (морфология и систематика грибов и грибоподобных организмов). Л.В. Гарибова, С.Н. Лекомцева. 2005. 220 с. Формат 170 x 240 мм. Тв. перепл. — Цена 180 руб.

Малый практикум по зоологии беспозвоночных. И.А. Тихомиров, А.А. Добровольский, А.И. Гранович. 2005. 304 с., 14 ч/б вкл. Формат 170 x 240 мм. Тв. перепл. — Цена 200 руб.

Основы биогеографии. В.Г. Мордкович. 2005. 236 с., 1 цв. вкл. Формат 170 x 240 мм. Тв. перепл. — Цена 180 руб.

Биология дрожжей. И.П. Бабьева, И.Ю. Чернов. 2004. 221 с., бум. мелов. Формат 140 x 203 мм. В обл. — Цена 100 руб.

Лекции о клеточном цикле. О.И. Елифанова. 2-е изд. 2003. 160 с. Формат 140 x 200 мм. В обл. — Цена 70 руб.

Развитие эволюционных идей в биологии. Н.Н. Воронцов. 2-е изд. 2004. 432 с. Формат 145 x 210 мм. Тв. перепл. — Цена 150 руб.

Также планируется: В. Вестхайде, Р. Ригер (ред.). Руководство по зоологии. Беспозвоночные (пер. с нем.). — И.А. Тихомиров (СПбГУ). Малый практикум по зоологии беспозвоночных (часть 2). — И.В. Бурковский. Морская биоценология — А.В. Чесунов. Биология морских нематод. — И.А. Жирков. Жизнь на дне.

СЕРИЯ «СОВРЕМЕННАЯ ОТЕЧЕСТВЕННАЯ БИОЛОГИЯ»

Избранные труды. В.В. Кучерук. 2006. 523 с. с портр. Формат 170 x 240 мм. Тв. перепл. — Цена 250 руб. — **Избранные труды.** Е.Н. Матюшкин. 2005. 658 с. с портр. Формат 170 x 240 мм. Тв. перепл. — Цена 300 руб. — **Избранные труды по эволюционной биологии.** А.П. Расницын. 2005. iv + 347 с. с портр., 16 фототаблиц. Формат 170 x 240 мм. Тв. перепл. — Цена 200 руб. — **Избранные труды. Организм, геном, язык.** Б.М. Медников. 2005. 452 с. с портр. Формат 170 x 240 мм. Тв. перепл. — Цена 220 руб.

Также планируется: С.М. Разумовский. Избранные труды.

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ ИЗДАНИЯ

Киты и история китобойного промысла: взгляд из Японии. М. Комацу, С. Мисаки. 2005. 142 с., в тв. перепл., цв. вкл. Формат 145 x 215 мм. — Цена 150 руб.

СПРАВОЧНЫЕ ИЗДАНИЯ

Биоклиматический потенциал России: теория и практика. А.В. Гордеев, А.Д. Клещенко, Б.А. Черняков, О.Д. Сиротенко. 2006. 512 с., с цв. вкл., в тв. перепл. Формат 170 x 240 мм. — Цена 400 руб. — **Конспект фауны земноводных и пресмыкающихся России.** С.Л. Кузьмин, Д.В. Семенов. 2006. 139 с., в тв. перепл. Формат 145 x 210 мм. — Цена 150 руб. — **Список птиц Российской Федерации.** Е.А. Коблик, Я.А. Редькин, В.Ю. Архипов. 2006. 281 с., бум. мелов., печать двухцветная, в обл. Формат 145 x 215 мм. — Цена 200 руб. — **Биологический факультет МГУ.** А.И. Нетрусов и др.

(ред.). 2005. 242 с., в тв. перепл. Формат 170 x 240 мм. — Цена 180 руб. — **Эволюционные факторы формирования разнообразия животного мира.** Э.И. Воробьева, Б.Р. Стриганова (ред.). 2005. 308 с., в тв. перепл. Формат 170 x 240 мм. — Цена 150 руб. — **ЕКРР. Рекомендации 2003 Европейского Комитета по Радиационному Риску.** К. Басби (ред.). Пер. с англ. 2004. 218 с. Формат 160 x 243 мм. В обл. — Цена 110 руб. — **Зеленое движение и гражданское общество: Нарушение экологических прав граждан в России.** А.В. Яблоков и др. 2004. 253 с. Формат 143 x 207 мм. В обл. — Цена 110 руб. — **Каталог моллюсков России и сопредельных стран.** Ю.И. Кантор, А.В. Сысоев. 2005. 627 с., в тв. перепл. Формат 170 x 240 мм. — Цена 300 руб. — **Каталог бесчелюстных и рыб пресных и солоноватых вод России.** Н.Г. Богуцкая, А.М. Насека. 2004. 389 с. с вложенным лазерным диском. Формат 170 x 240 мм. Тв. перепл. — Цена 200 руб. — **Фундаментальные зоологические исследования. Теория и методы.** А.Ф. Алимов, С.Д. Степаньянц (ред.). 2004. 318 с., в тв. перепл. Формат 170 x 240 мм. — Цена 150 руб. — **Вредители тепличных и оранжерейных растений (морфология, образ жизни, вредоносность, борьба).** А.К. Ахатов, С.С. Ижевский (ред.). 2004. 307 с., бум. мелов., цв. фото, в тв. перепл. Формат 205 x 290 мм. — Цена 450 руб. — **Каталог типовых образцов сосудистых растений Восточной Азии, хранящихся в Гербарии Ботанического института им. В.Л. Комарова (ЛЕ). часть 1 (Япония и Корея).** В.И. Грубов (ред.). 2004. 188 с., ил. Формат 140 x 205 мм. В обл. — Цена 80 руб. — **Международный кодекс зоологической номенклатуры.** Изд. 4-е. 2-е изд. русск. пер. 2004. 223 с. Формат 143 x 213 мм. — Цена 70 руб. — **Биология гидротермальных систем.** А.В. Гебрук (ред.). 2002. 543 с. с цв. вкл., в тв. перепл. Формат 210 x 260 мм. — Цена 300 руб.

Также планируется: Г.Ю. Любарский. Эволюция зоологии. История одного музея.

НАУЧНЫЕ МОНОГРАФИИ

Эволюция биосферы и биоразнообразия. К 70-летию А.Ю. Розанова. С.В. Рожнов (отв. ред.). 2006. 600 с. с портр. Формат 170 x 240 мм. Тв. перепл. — Цена 300 руб. — **Динамика и устойчивость рекреационных лесов.** Л.П. Рысин и др. 2006. 165 с., цв. вкл. Формат 170 x 240 мм. Тв. перепл. — Цена 150 руб. — **Флора субарктических гор Евразии и высотное распределение её видов.** В.Б. Куваев. 2006. 568 с., ч/б вкл. Формат 170 x 245 мм. Тв. перепл. — Цена 280 руб. — **Экологическая энергетика животных.** Н.Д. Озернюк. 2006. 168 с. Формат 148 x 218 мм. Тв. перепл. — Цена 150 руб. — **Пластинчатоусые жуки подсемейства Scarabaeinae фауны России и сопредельных стран.** О.Н. Кабаков. 2006. 374 с., цв. вкл. Формат 170 x 240 мм. Тв. перепл. — Цена 270 руб. — **Атлас-определитель усконогих раков (Cirripedia Thoracica) над-**

семейства Chthamaloidea Мирового океана. О.П. Полтаруха. 2006. 198 с. Формат 170 x 240 мм. Тв. перепл. — Цена 200 руб. — Растения Центральной Азии. Вып.15. В.И. Грубов (отв. ред.). 2006. 143 с. Формат 164 x 238 мм. В обл. — Цена 150 руб. — Млекопитающие Вьетнама. Г.В. Кузнецов. 2006. 420 с. Формат 170 x 240 мм. Тв. перепл. — Цена 270 руб. — Нематоды надсемейства Drilonematoidae – паразиты дождевых червей. С.Э. Спиридонов, Е.С. Иванова. 2005. 296 с. Формат 170 x 240 мм. Тв. перепл. — Цена 180 руб. — Травы на градиенте влажности почвы. С.Н. Шереметьев. 2005. 271 с. Формат 170 x 240 мм. Тв. перепл. — Цена 180 руб. Бделлоидные коловратки фауны России. Л.А. Кутикова. 2005. 315 с. Формат 170 x 240 мм. Тв. перепл. — Цена 180 руб. — Кариотипы паразитических перепончатокрылых. В.Е. Гохман. 2005. 185 с., бум. офсетн. и мелов. Формат 150 x 220 мм. Тв. перепл. — Цена 120 руб. — Ископаемые цветковые растения. Том 4. Nystaginatae – Salicaceae. Л.Ю. Буданцев (ред.). 2005. 466 с., бум. офсетн. и мелов. Формат 228 x 295 мм. Тв. перепл. — Цена 400 руб. — Китайская восковая пчела на Дальнем Востоке России. В.Н. Кузнецов. 2005. 111 с., бум. мелов., цв. фото. Формат 148 x 215 мм. В обл. — Цена 100 руб. — Животное население почв боральных лесов Западно-Сибирской равнины. Б.Р. Стриганова, Н.М. Порядина. 2005. 234 с. Формат 170 x 240 мм. Тв. перепл. — Цена 180 руб. — Лишайники – индикаторы радиоактивного загрязнения. Л.Г. Бязров. 2005. 476 с. Формат 150 x 220 мм. Тв. перепл. — Цена 200 руб. — Полорогие А.А. Данилкин. (серия «Млекопитающие России и сопредельных регионов»). 2005. 550 с., цв. вкл. Формат 170 x 240 мм. Тв. перепл. — Цена 250 руб. — Земноводные российского Дальнего Востока. С.Л. Кузьмин, И.В. Маслова. 2005. 434 с., цв. вкл. Формат 170 x 240 мм. Тв. перепл. — Цена 200 руб. — Введение в современную филогенетику. И.Я. Павлинов. 2005. 391 с. Формат 148 x 220 мм. Тв. перепл. — Цена 180 руб. — Трансформационная типологическая систематика. Б.П. Захаров. 2005. 164 с. Формат 145 x 210 мм. В обл. — Цена 60 руб. — Проблемы эволюции и теоретические вопросы систематики. А.К. Скворцов. 2005. 293 с. с портр. Формат 148 x 220 мм. Тв. перепл. — Цена 180 руб. — Анатомия коры розоцветных (Rosaceae). Л.И. Лотова, А.К. Тимонин. 2005. 264 с. Формат 170 x 240 мм. Тв. перепл. — Цена 150 руб. — Биология возбудителя описторхоза. С.А. Беэр. 2005. 336 с. Формат 170 x 240 мм. Тв. перепл. — Цена 180 руб. — Проблемы теоретической морфологии и эволюции растений. Н.Н. Цвелев. 2005. 407 с. с цв. портр. Формат 145 x 218 мм. Тв. перепл. — Цена 200 руб. — Ветвистоусые ракообразные отряда Stenopoda мировой фауны. Н.М. Коровчинский. 2004. 410 с. Формат 170 x 240 мм. Тв. перепл. — Цена 250 руб. — Атлас волос млекопитающих. О.Ф. Чернова, Т.Н. Целикова. 2004. 429 с., бум. мелов. Формат 170 x 240 мм. Тв. перепл. —

Цена 300 руб. — Почвы, биогеохимические циклы и биосфера. Развитие идей Виктора Абрамовича Ковды. К 100-летию со дня рождения. Н.Ф. Глазовский (отв. ред.). 2004. xii + 403 с. с портр. и ч/б фото. Формат 170 x 240 мм. Тв. перепл. — Цена 250 руб. — Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах. А.Ф. Алимов, Н.Г. Богуцкая (ред.). 2004. 436 с. Формат 170 x 240 мм. Тв. перепл. — Цена 180 руб. — Зоогенная дефолиация и лесное сообщество. Е.Н. Иерусалимов. 2004. 263 с. Формат 148 x 213 мм. Тв. перепл. — Цена 120 руб. — Морфогенез и эволюция. В.Г. Черданцев. 2003. 360 с. Формат 145 x 205 мм. Тв. перепл. — Цена 150 руб. — Головохоботные черви (Cephalorhyncha) Мирового Океана (Определитель морской фауны). А.В. Адрианов, В.В. Малахов. 1999. 328 с., бум. мелов. Формат 205 x 285 мм. В обл. — Цена 150 руб. — Приапулиды: строение, развитие, филогения и система. А.В. Адрианов, В.В. Малахов. 1996. 268 с., бум. мелов. Формат 210 x 285 мм. В обл. — Цена 150 руб.

Также планируется: В.А. Зайцев. Позвоночные животные северо-востока центрального региона России. — Ю.Б. Бызова. Дыхание почвенных беспозвоночных. — О.Т. Русинек. Паразиты рыб озера Байкал. — А.М. Амирханов. Растительность Северо-Осетинского заповедника. — В.В. Сунцов, Н.И. Сунцова. Чума: происхождение и эволюция эпизоотической системы. — Дж.Г. Симпсон. Принципы таксономии животных (пер. с англ.) (подг. к печати). — С.А. Шабдаш, О.Ф. Чернова. Гепатоидные кожные железы млекопитающих (подг. к печати).

ГЕОГРАФИЯ, ПУТЕШЕСТВИЯ

Мэтры глубин: Человек познаёт глубины Океана. Л.И. Москалев. 2005. 249 с. Формат 164 x 240 мм. В обл. — Цена 120 руб. — Многоликая география. Развитие идей Иннокентия Петровича Герасимова (к 100-летию со дня рождения). Н.Ф. Глазовский (ред.). 2005. 357 с. Формат 170 x 240 мм. Тв. перепл. — Цена 200 руб. — Устойчивое развитие сельского хозяйства и сельских территорий. Зарубежный опыт и проблемы России. Н.Ф. Глазовский (ред.). 2005. 615 с. Формат 167 x 238 мм. Тв. перепл. — Цена 300 руб. — В тростниках Прибалхашья (Жизнь и приключения ссыльного натуралиста 1941–1946 гг.). Б.К. Штегман. 2004. 208 с. с портр. Формат 140 x 203 мм. — Цена 60 руб. — Пятеро на Рио-Парагвай. Документальная повесть. В.Н. Танасийчук. 2003. 253 с. + ч/б фото. Формат 143 x 213 мм. В обл. — Цена 70 руб.

ИСТОРИЯ

Морфология истории: сравнительный метод и историческое развитие. Г.Ю. Любарский. 2000. 449 с. в тв. перепл. Формат 143 x 214 мм. — Цена 80 руб.

Планируется: К.А. Фурсов. Держава-купец: отношения английской Ост-Индской Компании с английским государством и индийскими патримониями (подготовлено к печати).

СЕРИЯ «МИР. ХАОС. ПОРЯДОК»

Нервные люди (очерки об интеллигенции). А. Кустарёв. 2006. 374 с. в тв. перепл. Формат 170 x 240 мм. — Цена 250 руб. — **Хрупкий баланс: четыре века борьбы за господство в Европе.** Л. Дехийо. Пер. с англ. 2005. 314 с. в тв. перепл. Формат 170 x 240 мм. — Цена 200 руб.

Планируется: И. Валлерстайн. Исторический капитализм. Пер. с англ. — В. Брюханов. Трагедия России: цареубийство 1 марта 1881 года (подг. к печати). — А. Грешнов. Афганистан: заложники времени.

СЕРИЯ «СФЕРА ЕВРАЗИИ»

Монгольская столица, старая и новая. И.И. Ломакина. 2006. 293 с., 164 ч/б и цв. фото, в тв. перепл. Формат 170 x 240 мм. — Цена 250 руб. — **История в трудах ученых лам.** А.С. Железняков, А.Д. Цендина (сост.). 2005. 275 с., в тв. перепл. Формат 170 x 240 мм. — Цена 200 руб. — **Опыт истории Евразии. Звенья русской культуры** Г.В. Вернадский. 2005. 339 с., с портр., в тв. перепл. Формат 170 x 240 мм. — Цена 200 руб. — **Тибет и Далай-Лама.** 2-е изд. П.К. Козлов. 2004. 137 с., 89 ил. в тексте, 45 ч/б фото, в тв. перепл. Формат 170 x 240 мм. — Цена 200 руб. — **Легендарный барон: неизвестные страницы гражданской войны.** С.Л. Кузьмин (сост.). 2004. 336 с., 13 ил. в тексте, 92 ч/б фото, в тв. перепл. Формат 170 x 240 мм. — Цена 250 руб. — **Барон Унгерн в документах и мемуарах.** С.Л. Кузьмин (сост.). 2004. 661 с. + ч/б и цв. фото, в тв. перепл. Формат 170 x 240 мм. — Цена 350 руб.

ПСИХОЛОГИЯ

Общая и прикладная этнопсихология. Учебное пособие. В.Н. Павленко, С.А. Таглин. Пер. с укр. 2005. 483 с. в тв. перепл. Формат 145 x 218 мм. — Цена 200 руб.

ЖУРНАЛЫ

Экологическое планирование и управление (индекс 39729) – раз в квартал с 2007 г.

Поволжский экологический журнал (индекс 39729) – раз в квартал с 2007 г.

и другие

Заказать эти и другие издания изд-ва КМК можно по адресу:

123100 Москва, а/я 16 изд-во КМК, Михайлову Кириллу Глебовичу
Комп. почта: kmk2000@online.ru
Интернет: <http://webcenter.ru/~kmk2000> (аннотации изданных книг)
Факс: (495) 203-2717
Тел. (495) 692-5894 раб.

Учебное издание

ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНОЙ БИОЛОГИИ С ЭЛЕМЕНТАМИ ЛАНДШАФТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ:

Учебное пособие для студентов биологических
и технических специальностей

Майкоп – М.: Т-во научн. изданий КМК. 2006. 281 с.

Коллектив авторов:

П.Ф. Андрущенко, О.Н. Анциферова, Е.Н. Базалина, С.Г. Биганова,
А.В. Дроздов, И.Г. Зыков, В.М. Ивонин, Н.Г. Ковалев, В.В. Кругляк,
К.Н. Кулик, Г.А.Одноралов, В.Е. Озолин, Я.В. Панков, А.С. Рулёв,
И.С. Румянцев, И.П. Свинцов, А.М. Степанов, Ю.И. Сухоруких (руководитель),
Б. Бурмайстер, Р. Йохансен, Н. Ковалев, Г. Маркарт, Е. Хакер,
Ф. Флоринет.

Составитель и ответственный редактор Ю.И. Сухоруких

Для заявок:

123100 Москва а/я 16

или:

kmk2000@online.ru

Отпечатано в ООО «Галлея-Принт»
Москва, ул. 5-я Кабельная, 2б.

Подписано в печать 12.07.2006

Формат 60x90/16. Объем 17,6 печ.л. Бум. офсетная. Тираж 3000 экз.