

СПЕЦИАЛЬНОСТЬ
"АРХИТЕКТУРА"

В.В. Владимиров, Г.Н. Давидянц,
О.С. Расторгуев, В.Л.Шафран

# ИНЖЕНЕРНАЯ ПОДГОТОВКА И БЛАГОУСТРОЙСТВО ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Москва
Издательство «Архитектура-С»

**В.В. Владимиров, Г.Н. Давидянц,**
**О.С. Расторгуев, В.Л.Шафран**

# ИНЖЕНЕРНАЯ ПОДГОТОВКА И БЛАГОУСТРОЙСТВО ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

*Рекомендовано Министерством образования РФ*
*в качестве учебника для студентов*
*высших учебных заведений,*
*обучающихся по направлению и специальности*
*«Архитектура»*

**Москва**
**«Архитектура-С»**
**2004**

**ББК** 624
**УДК** 38.78
**В 57**

**Владимиров В.В. и др.**

**В 57** **Инженерная** подготовка и благоустройство городских территорий / Владимиров В.В., Давидянц Г.Н., Расторгуев О.С., Шафран В.Л. — М.: Архитектура-С, 2004. — 240 с.

ISBN 5-274-01886-6

Рассмотрен комплекс вопросов, составляющих сущность инженерной подготовки и благоустройства городских территорий, включая основы охраны природной среды. Освещаются мероприятия по улучшению функциональных и эстетических свойств территории (озеленение, освещение, рельеф), а также гидрологических и инженерно-геологических условий.

Для студентов архитектурных вузов.

**ББК 624**

**ISBN 5-274-01886-6**

© Издательство «Архитектура-С». 2004
© Владимиров В. В., Давидянц Г.Н,
Расторгуев О.С., Шафран В.Л., 2004

# ПРЕДИСЛОВИЕ

Освоение и благоустройство территорий населенных мест — важная архитектурная и градостроительная проблема. Любой город, поселок, сельский населенный пункт, архитектурный комплекс или отдельное здание строятся на конкретной территории, площадке, характеризующейся определенными условиями — рельефом, уровнем стояния грунтовых вод, опасностью затопления паводковыми водами и др. Сделать территорию наиболее пригодной для строительства и эксплуатации архитектурных сооружений и их комплексов без чрезмерных затрат можно средствами инженерной подготовки.

При строительстве и эксплуатации населенных мест и отдельных архитектурных сооружений неизбежно возникают задачи по улучшению функциональных и эстетических свойств территории — ее озеленению, обводнению, освещению и т.д., что обеспечивается средствами благоустройства городских территорий.

Провести границу между инженерной подготовкой территории и ее благоустройством достаточно сложно. Любой вид работ по инженерной подготовке территории является элементом ее благоустройства в широком смысле слова. Тем не менее принято разделять эти два понятия. Работы, основу которых составляют приемы и методы изменения и улучшения физических свойств территории или ее защиты от неблагоприятных физико-геологических воздействий, относят обычно к инженерной подготовке территории, а работы, связанные с улучшением функциональных и эстетических качеств уже подготовленных в инженерном отношении территорий, — к инженерному благоустройству.

Научно-технический прогресс открывает новые возможности не только в области развития промышленных технологий или в фундаментальных научных исследованиях. В сфере прикладных дисциплин, одной из которых являются инженерная подготовка и благоустройство городских территорий, развитие производительных сил на базе достижений науки и техники также открывает новые горизонты. В первую очередь это можно отнести к значительному прогрессу в области землеройной техники, совершенствованию прогнозирования землетрясений, наводнений, селевых потоков, схода лавин и т.д. Применение всех этих достижений в практике градостроительства может в корне изменить наши представления о целесообразности проведения тех или иных инженерных мероприятий в их традиционной форме, о методике проектирования и технологии их выполнения. Так, еще сравнительно недавно земляные работы были одним из самых трудоемких и дорогих видов строительных работ, чем в значительной степени ограничивались их масштабы. Развитие высокопроизводительных землеройных машин — экскаваторов, скреперов, бульдозеров, техники гидронамывных и взрывных работ привело к тому, что обширные, непригодные ранее для застройки территории в городах ныне сравнительно просто вовлекаются в хозяйственный оборот, начинают конкурировать с традиционными, достаточно удобными для строительства площадками. В ряде случаев это в значительной мере может повлиять на стратегию городского развития, в том числе и на планировочную структуру самих городов.

Не менее разительные перемены произошли в технике создания материаль-

ных элементов инженерно-технической инфраструктуры. Успехи в развитии теплотехники, электротехники и других наук, развитие индустрии сборных железобетонных конструкций — строительство однотрубных тепловодов, сверхдальних линий электропередачи, сборных коллекторов практически любого диаметра или сечения в корне изменили наши представления о месте и роли энергетических объектов в городе, о возможностях строительства новых, расширении и реконструкции существующих инженерных коммуникаций в условиях городской застройки.

В связи со стремительным развитием промышленности, энергетики, транспорта территории населенных мест все в больших масштабах начинают испытывать отрицательные воздействия от вредных выбросов и стоков, шума, электромагнитных излучателей и других неблагоприятных явлений. Основу борьбы с этими явлениями, как правило, составляют инженерные мероприятия. Поэтому инженерные основы охраны окружающей среды также можно считать существенной составляющей благоустройства городских территорий.

Инженерная подготовка и благоустройство городских территорий тесно связаны с архитектурно-планировочными проблемами; освоение территории под промышленное и гражданское строительство с самого начала — комплексная архитектурная и инженерная задача, а благоустройство территории — необходимый элемент любого архитектурного сооружения, ансамбля, города в целом. Архитектор широкого профиля должен хорошо знать возможности инженерной подготовки и благоустройства территории, уметь выбирать те или иные их методы в соответствии с конкретной обстановкой, назначением и архитектурными особенностями отдельных зданий, архитектурных ансамблей, населенных мест. Поэтому в курс «Инженерная подготовка и благоустройство городских территорий» включены необходимые для архитектора профессиональные сведения о проблематике, видах, области проведения и основах проектирования соответствующих инженерных мероприятий. При этом упор сделан на общие функционально-планировочные, а не на конструктивные составляющие этой дисциплины, поскольку последние относятся к сфере деятельности главным образом инженеров-градостроителей.

Переход к интенсивным методам работы, повышение их качества ставят серьезные задачи перед архитекторами и в области освоения, подготовки и благоустройства городских территорий. Интенсификация использования городских земель, например, невозможна без активного освоения свободных от застройки территорий так называемых «бросовых» или «неудобных» земель, средствами их инженерной подготовки. Выразительность застройки во многом зависит от качества внешнего благоустройства, а охрана и оздоровление городской окружающей среды — от действенности природоохранных инженерных мероприятий. Авторы учебника более подробно останавливаются на тех видах инженерной подготовки, внешнего благоустройства и природоохранных мероприятий, которые тесно связаны с научно-техническим прогрессом в строительстве и способны обеспечить наибольшую эффективность тех или иных архитектурно-планировочных решений.

Таким образом, цель учебника состоит в том, чтобы на основе обобщения имеющегося опыта и перспективных тенденций в области инженерной подготовки территории, благоустройства населенных мест и охраны окружающей среды в градостроительстве изложить наиболее общие и одновременно принципиальные для студентов-архитекторов положения, достаточные для выполнения ими архитектурно-планировочных и специальных учебных проектов, а также для самостоятельной практической работы в качестве архитектора широкого профиля.

В курсовом архитектурном проектировании студенты столкнутся с достаточно узким кругом задач по инженерной подготовке и благоустройству территории. В проекте планировки поселка —

это организация отвода вод и основы вертикальной планировки; в проекте планировки жилого района — вертикальная планировка, ливнестоки, благоустройство межмагистральных территорий и более детальный фрагмент одного из видов благоустройства; в дипломном проекте — две-три задачи (в соответствии с конкретной ситуацией) по инженерной подготовке территорий, благоустройству или охране окружающей среды. Кроме того, студенты выполняют специальную курсовую работу (графическую или текстовую в форме реферата), закрепляющую приобретенные знания в двух-трех избранных темах. Таким образом, изучение учебного курса «Инженерная подготовка и благоустройство городских территорий» не столько самоцель, сколько средство для разработки возможно более грамотного с инженерной точки зрения архитектурно-планировочного решения.

В практической жизни молодым архитекторам широкого профиля придется столкнуться с гораздо более полным набором инженерных задач, решение которых бывает необходимо в архитектурно-планировочном проектировании. Архитектор здесь уже работает не в одиночку, а сотрудничает с инженерами соответствующих специальностей. Главная его цель поэтому — правильно поставить перед инженером-градостроителем задачу по выбору и разработке необходимых в данном конкретном случае мероприятий по инженерной подготовке и благоустройству территории и проследить за тем, чтобы принятые инженерные решения полностью соответствовали и в функциональном, и в архитектурно-планировочном и эстетическом отношении к проекту в целом.

В настоящее время во все виды архитектурно-планировочной проектной документации включены специальные разделы «Инженерная подготовка территории» и «Охрана окружающей среды», а в наиболее конкретные из них (начиная с генерального плана города) — раздел по внешнему благоустройству. Набор соответствующих мероприятий определяется не только стадией проектирования, но и конкретными природными и социально-экономическими условиями проектируемого региона, города или его части.

Пожалуй, с наиболее широким спектром задач по инженерной подготовке территории и охране окружающей среды столкнется архитектор-градостроитель. Творческий диапазон проектировщика-градостроителя необычайно велик — от региональных градостроительных проектов (генеральная и региональные схемы расселения, схемы и проекты районной планировки) до конкретных планировочных документов (проекты детальной планировки жилых, промышленных районов, центров городов и проекты застройки жилых микрорайонов). В соответствии с этим и вопросы инженерной подготовки территории, внешнего благоустройства, охраны окружающей среды, рассматриваемые в градостроительных проектах, сильно различаются по содержанию и детальности проработки.

В генеральной схеме расселения на территории страны и региональных схемах расселения основное внимание обращается на анализ территории по степени ее благоприятности для градостроительства; в общем виде выявляются наиболее обширные зоны проявления неблагоприятных физико-геологических явлений, разрабатывается стратегия борьбы с ними; дается оценка территории по степени общей ее детериорированности (различным видам загрязнения), приводятся результаты анализа экологической обстановки в городских агломерациях (в региональных схемах расселения — во всех городах с населением более 100 тыс. жителей), разрабатываются дифференцированные (в зависимости от конкретной ситуации и приоритетности проведения мероприятий) градостроительные предложения по общей стратегии охраны окружающей среды.

В схемах и проектах районной планировки производится комплексная оценка территории в составе Российской Федерации, области, края или их части по степени ее благоприятности для градостроительства, ведения сельского хозяйства,

организации отдыха населения. На основе функционального зонирования выявляются и предварительно оцениваются резервные площадки для основных видов строительства; в соответствии с конкретными условиями намечается система мероприятий инженерной подготовки в городах и их пригородных зонах, взаимосвязанная с другими видами инженерной подготовки республики, области, края (мелиорацией, ирригацией и др.); даются предложения по наиболее масштабным для данного города (а всего на территории республики, области, края может быть до нескольких десятков городов) видам инженерной подготовки территории, проводится анализ экологической ситуации на территории объекта проектирования и выполняется комплексная оценка состояния окружающей среды, на основе принятой стратегии охраны окружающей среды разрабатываются общие предложения по оздоровлению водного, воздушного бассейнов, почвенно-растительного покрова, защите от электромагнитных излучений, радиоактивного загрязнения и др. Наряду с инженерными мероприятиями здесь же разрабатывается весь комплекс мер по охране природы — предложения по организации системы особо охраняемых территорий (национальных парков, заповедников-заказников, водоохранных зон и др.).

Проекты планировки городов и других населенных мест включают разработку схемы планировочных ограничений (внедрение территорий, неблагоприятных для строительства по условиям их затопления паводковыми водами, загрязнение воздушного бассейна и др.); разработку системы мероприятий по инженерной подготовке территории, включая основы вертикальной планировки, организацию отвода поверхностных вод, предложения по борьбе с подтоплением территории, оврагами и другими неблагоприятными явлениями, получившими распространение на территории того или иного города, общие предложения по характеру благоустройства города, формированию его системы зеленых насаждений, строительству набережных, мостов и т.д.; разработку мероприятий по охране окружающей среды, включая предложения по борьбе с шумом, радиоактивным, тепловым и электромагнитным загрязнениями, основы санитарной очистки и др. Мероприятия по инженерной подготовке территории, благоустройству и охране окружающей среды разрабатываются в тесной связи с архитектурно-планировочными решениями, проектируемой системой транспорта, инженерным обеспечением (водоснабжением, канализацией, энергоснабжением и др.), составляя единый комплекс функционально-пространственной организации территории города. Проекты детальной планировки и проекты застройки — наиболее конкретные стадии многоуровневой градостроительной проектной документации. Набор инженерных мероприятий здесь менее широк, как правило, предопределен предыдущими стадиями проектирования, но вместе с тем и наиболее конкретен. В частности, в состав этой стадии входят подробный проект вертикальной планировки, эскизные проекты необходимых в каждом конкретном случае мероприятий по инженерной подготовке территории (устройство обвалования, схемы расположения дренажей, противооползневых мероприятий и т.д.), детальные предложения по благоустройству улиц и межмагистральных территорий (устройство дорог и тротуаров. озеленение, освещение, обводнение территорий и др.); предложения по противошумовым мероприятиям, по инсоляции и аэрации улиц и дворовых пространств и многие другие.

Архитектор, работающий в области проектирования жилых и общественных зданий, прежде всего должен уметь привязать здание на местности. А это предполагает хорошее знание им вертикальной планировки. Кроме того, разнообразие градостроительных ситуаций таково, что неизбежно в своей работе ему придется решать вопросы, связанные с защитой зданий от подтопления, затопления, оползней и других неблагоприятных явлений, не говоря уже об отводе поверхностных вод или прокладке инженерных

коммуникаций. Он должен будет учитывать особенности строительства в заболоченных, сейсмоопасных ее районах и в зонах вечной мерзлоты, в местностях, где не редкость селевые потоки, снежные лавины, другие неблагоприятные физико-геологические явления. Архитектор, проектирующий жилье и общественные здания, должен знать методы благоустройства селитебных территорий, уметь выбрать соответствующие виды искусственных покрытий, приемы озеленения и освещения, ориентироваться в требованиях охраны окружающей среды и санитарного законодательства.

Архитектор, посвятивший себя проектированию промышленных зданий и сооружений, помимо перечисленного выше, должен быть готов к решению специфических задач, возникающих в сфере современного производства. Так, он должен предусмотреть в своих проектах мероприятия по борьбе с вибрацией, электромагнитными излучениями, другими, часто непредсказуемыми явлениями, связанными с целым комплексом проблем по охране окружающей среды и порождаемыми современными технологиями.

Таким образом, архитектор широкого профиля должен быть достаточно образованным в инженерном отношении специалистом, одновременно не подменяющим инженера-градостроителя или инженера-технолога, но использующим полученные им инженерные знания для координации работы различных специалистов и выработки правильного проектного решения, которое могло бы удовлетворить самые взыскательные требования к проектируемому объекту как в функциональном, так и в архитектурно-планировочном отношениях.

В данном учебнике студенты-архитекторы ознакомятся с основами инженерной подготовки и благоустройства территории, а также с общими сведениями по охране окружающей среды. Несмотря на обзорный характер курса, хорошее усвоение материала учебника (наряду с практическими навыками в процессе курсового и дипломного проектирования) гарантирует студентам приобретение достаточных знаний в рассматриваемой области, необходимых для выполнения ими практических работ, а впоследствии и для практической деятельности в качестве архитектора.

Содержание учебника соответствует программе, утвержденной ученым советом Московского архитектурного института.

В каждой главе учебника, посвященной отдельному виду инженерных мероприятий или их группе, содержатся три аспекта, наиболее важные для профессиональной подготовки архитектора, — постановка проблемы, особенности и область применения того или иного инженерного мероприятия, особенности его проектирования. Авторы полагают, что такая структура учебника наиболее целесообразна при самостоятельной подготовке студентов.

Предисловие, вводные тексты к разделам и главам пп. 7.1; 13.1; 14.1; 14.4; 15.1—16.2 и 17.2 написаны д-ром архит. проф. Владимировым В.В.; 3.1; 3.2; 6.1—7.3 — доц. Давидянцем Г.Н.; вводные тексты к разделам и главам 1.1—1.3; 4.1—5.3; 8.1—9.3; 11.1—12.4 13.2—13.4; 14.2; 14.3; 17.1 — канд. техн. наук Расторгуевым О.С.; 2.1—2.5; 10.1; 10.2 — проф. Шафраном В.Л.

Авторы приносят искреннюю благодарность рецензентам — д-ру техн. наук, проф. Самойлову Д.С., канд. техн. наук, доценту Шрайбер А.А. и канд. техн. наук, доценту Горбаневу Р.В. за ценные замечания при подготовке рукописи.

# РАЗДЕЛ 1.
# ИНЖЕНЕРНАЯ ПОДГОТОВКА ТЕРРИТОРИИ

Средствами инженерной подготовки территории решаются сложные и многообразные архитектурно-планировочные задачи. Выбор наиболее пригодных для градостроительного освоения территорий, создание благоприятных условий для планировки, застройки и благоустройства городов, поселков и сельских населенных пунктов, 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 местах, решение других крупномасштабных градостроительных задач невозможны без проведения работ по инженерной подготовке территории.

Главная цель инженерной подготовки территории — улучшение физических характеристик территории или отдельной площадки, чтобы сделать их максимально пригодными и эффективными для промышленного и гражданского строительства, защита их от воздействий неблагоприятных физико-геологических процессов — затопления во время половодий и паводков, повышения уровня грунтовых вод, развития оврагов, оползней, карста и т.д. В соответствии с этим основные задачи инженерной подготовки территории связаны с разработкой и осуществлением различных специфических мероприятий, необходимых для освоения территорий и подготовки территории под застройку или иных функций.

Инженерная подготовка территории включает весьма разнообразные мероприятия, связанные с проведением гидротехнических, земляных, бетонных и других работ. Некоторые из них (вертикальная планировка, борьба с подтоплением и затоплением территории) проводятся повсеместно. Другие (проведение противооползневых противоселевых мероприятий, борьба с карстом, освоение вечномерзлых грунтов и др.) приурочены к районам распространения соответствующих природных явлений. В целом к мероприятиям по инженерной подготовке городских территорий относят обычно следующие виды работ: вертикальную планировку; организацию стока поверхностных вод; защиту территорий от затопления; защиту территорий от подтопления, борьбу с оврагами, оползнями, селевыми потоками, снежными лавинами, карстом; работы в особых условиях районов распространения вечной мерзлоты и сейсмически опасных зон.

В зависимости от условий конкретной площадки может потребоваться проведение одного или нескольких видов работ по инженерной подготовке. Следует, однако, иметь в виду, что удорожание освоения площадки, связанное с инженерной подготовкой, не может быть слишком большим (до 30 % стоимости строительства), иначе территория будет неконкурентоспособной с другими площадками. Выяснить ситуацию, определить необходимость проведения тех или иных видов работ по инженерной подготовке помогает градостроительный анализ территории. Окончательные решения по инженерной подготовке и благоустройству территории принимаются после тщательного изучения и анализа природных условий, комплекса градостроительных задач, а также вопросов, связанных с охраной и оздоровлением окружающей среды.

# Глава 1. Градостроительный анализ территории

Территория нашей страны отличается большим многообразием природных и социально-экономических условий, от которых во многом зависят характер ее градостроительного использования, архитектурно-планировочные решения населенных мест и их частей, конкретное размещение различных объектов строительства. Особенно существенно в данном случае то, что почти половина территории (47 %) представлена многолетнемерзлыми грунтами, 44 % площади составляют просадочные, закарстованные и подработанные грунты, до 40 % занимают заболоченные территории и т.д. Для инженерной подготовки территории наибольшее значение имеют природные условия и факторы, изначально определяющие возможности использования той или иной территории. Эти условия и факторы можно подразделять на две группы — собственно природные условия и физико-геологические процессы и явления. Оценка природных условий и физико-геологических явлений данной местности в целях их учета и преобразования при освоении территории составляет важную часть градостроительного анализа территории — исходной базы ее инженерной подготовки. Другая важная составляющая такого анализа — комплексная оценка территории и определение состава мероприятий по инженерной подготовке территории в соответствии с ее выявленными свойствами.

## *1.1. Градостроительная оценка природных условий и физико-геологических процессов*

Любая территория характеризуется присущими ей природными условиями и протекающими в ее пределах физико-геологическими процессами. Для проведения инженерной подготовки территории важно оценить ее по наиболее существенным природным факторам и интенсивности проявления неблагоприятных физико-геологических явлений. Для этого используют соответствующие материалы и данные.

**Оценка природных условий.** Природные условия оказывают существенное влияние на градостроительное проектирование и в большой мере определяют архитектурно-планировочное решение. В состав природных факторов входят данные, отражающие климатические, геоморфологические, геологические и гидрогеологические условия местности, материалы гидрографических и геоморфологических исследований, характеристика почв и растительности, а также сведения о наличии местных строительных материалов, ресурсов питьевой воды, энергоресурсов и т.д.

Полученные данные, характеризующие природные условия местности, обобщаются и служат исходным материалом при разработке мероприятий по инженерной подготовке, застройке и благоустройству населенных мест или отдельных участков их территории.

**Оценка физико-геологических процессов.** В рамках инженерной подготовки территории благоприятная природная обстановка связывается с отсутствием возможного влияния как в период строительства, так и в период эксплуатации тех или иных геологических процессов и явлений, способных нарушить стабильность поверхности земли, общую устойчивость и прочность архитектурных сооружений.

К числу таких процессов и явлений в первую очередь относятся эрозия (размыв текучей водой берегов и дна водотоков), оползни и карсты, связанные с провальными явлениями вследствие выщелачивания подземными водами водонеустойчивых пород. Большое значение имеют и сейсмические явления как проявление процессов, протекающих в недрах земного шара и др. Все физико-геологические процессы и явления обычно разделяют на две группы: процессы внешней динамики Земли (деятельность атмосферных агентов, льда, рек, морей и др.), называемые **экзогенными**, и процессы, которые являются следствием прояв-

ления внутренних процессов, протекающих в недрах земного шара, и получившие название **эндогенных.**

Чтобы обезопасить и защитить городскую территорию от отрицательного воздействия физико-геологических процессов, необходимо в каждом частном случае знать, возможно ли проявление таких процессов и явлений, угрожают ли они территории или данному проектируемому сооружению, какова степень опасности и какими мероприятиями (если невозможно избежать влияния этих процессов) можно обеспечить их безопасное для застройки течение.

**Характер и интенсивность проявления** физико-геологических процессов и явлений определяются особенностями строения земного шара, в первую очередь наличием твердой внешней его оболочки, называемой земной корой, сложенной горными породами и имеющей относительно малую толщину; проявлением в недрах земного шара сложных процессов, обусловливающих термический и особый физико-химический режим недр Земли и отражающихся на ее поверхности; воздействием на горные породы, слагающие земную кору и рельеф земной поверхности, внешних процессов и явлений, связанных с деятельностью атмосферы и поверхностных вод.

К физико-геологическим процессам, встречающимся на территориях, предназначенных для градостроительного использования, также относят затопление городских территорий поверхностным стоком (атмосферными водами) и в период стояния высоких вод в реках и водоемах; подтопление территорий подземными водами; оврагообразование и рост оврагов на городской территории и в пригородной зоне; оползни, обвалы, осыпи, снежные лавины; карсты и вызываемые ими просадки поверхности на территории города; селевые потоки с выходом на городскую территорию; нарушение стабильности рельефа в результате водной и ветровой эрозии; сейсмические явления.

Перечисленные физико-геологические процессы являются природными явлениями, но достаточно распространены также различные процессы, связанные с хозяйственной деятельностью людей, например, деформации поверхности, просадки и провалы при подземных выработках полезных ископаемых, затопление территории при устройстве плотин и водохранилищ, нарушение стабильного состояния оползневых склонов при подрезке основания или пригрузке его ветра, активизации движения песков при сведении растительности и др.

Специфические условия создаются в районах распространения дюн и бархан, в сейсмически активных зонах, в районах вечной мерзлоты, на территориях с торфяными, лёссовыми, скальными грунтами. Эти условия не только предопределяют проведение мероприятий по инженерной подготовке территорий, но и предъявляют особые требования к архитектурно-планировочным и конструктивным решениям, к соблюдению специальных условий технологии, организации и производства строительных работ.

**Оценка территории по природным условиям и физико-геологическим процессам и явлениям.** Природные условия могут оказывать как положительное (благоприятное), так и отрицательное (неблагоприятное) воздействие на городскую территорию. Так, с одной стороны, рельеф местности может быть достаточно спокойным, с допустимыми для градостроительных целей уклонами поверхности, тем самым не вызывая каких-либо затруднений в использовании территории. С другой стороны, поверхность может иметь недопустимо малые или, напротив, слишком большие уклоны, что потребует сложных и значительных по объему земляных работ при вертикальной планировке территории.

Подземные воды при глубоком залегании от поверхности земли не оказывают никакого влияния на характер использования территории, но при высоком горизонте их стояния обычно происходит подтопление территории, что всегда требует проведения мероприятий по ее осушению и понижению уровня стояния грунтовых вод.

В отличие от природных условий наличие физико-геологических процессов по их воздействию на городскую территорию оценивается чаще всего как неблагоприятный фактор. Они ограничивают и осложняют использование территории, вызывая необходимость проведения сложных и дорогостоящих мероприятий по защите городской территории. Например, при защите территории города от затопления во время паводков возникает необходимость сооружения дамб обвалования довольно значительной протяженности или проведения работ по сплошной подсыпке территории до незатопляемых отметок. При защите городской территории от селевых потоков осуществляются инженерные мероприятия и строятся сложные сооружения не только непосредственно у границы города, но и на всем пути движения селевого потока.

Правильный выбор территорий, необходимых для развития города или его части, возможен лишь в результате градостроительной оценки природных условий и процессов в соответствии с требованиями планировки, застройки и благоустройства городских территорий. Оцениваются, как правило, все природные факторы, влияющие на застройку города, и определяется степень благоприятности территории для строительства. Обычно все территории по степени их благоприятности для промышленного и гражданского строительства разделяются на три категории; благоприятные — территории, вполне пригодные для планировки, застройки и благоустройства, которые не требуют проведения мероприятий по инженерной подготовке территории или требуют их в минимально необходимом объеме; освоение таких территорий экономически наиболее эффективно; неблагоприятные — территории, ограниченно пригодные для строительства, которые могут быть использованы после проведения сложных и значительных по объему мероприятий по инженерной подготовке. Освоение таких территорий требует довольно больших капиталовложений и допускается при соответствующем технико-экономическом обосновании; особо неблагоприятные — территории, которые не рекомендуются для освоения. Только в исключительных случаях, при обосновании особой целесообразности и необходимости они также могут быть использованы в градостроительных целях.

В зависимости от функционального назначения городской территории (селитебные территории, зеленые насаждения, промышленные зоны) требования, предъявляемые к отводимым для этих целей территориям, различны. Наибольшие ограничения по природным условиям предъявляются к территориям, отводимым под промышленную застройку. В первую очередь эти ограничения касаются рельефа территории. Специфические требования предъявляются к территориям, предназначенным под зеленые насаждения. В этом случае большое внимание уделяется почвенному слою, возможности эрозии грунтов, уровню стояния подземных вод.

Общие критерии оценки природных условий и физико-геологических процессов с точки зрения влияния их на степень пригодности использования территории в градостроительных целях для гражданского и промышленного строительства представлены в табл. 1, а для устройства зеленых насаждений — в табл. 2. В этих таблицах приведены основные укрупненные показатели, необходимые для принципиального анализа природных условий и физико-геологических процессов. Для более конкретной оценки территории эти требования уточняются. Так, в табл. 3 даны конкретные показатели, необходимые для градостроительной оценки территории по рельефу местности.

Обычно в первую очередь осваиваются территории, благоприятные по всему комплексу природных факторов и, следовательно, требующие минимальных затрат на инженерную подготовку. Вместе с тем при необходимости и соответствующем технико-экономическом обосновании используются также неблагоприятные, а в исключительных случаях и особо неблагоприятные территории.

**Таблица 1. Характеристика природных условий территории по степени их благоприятности для городского строительства (жилищного, общественного и промышленного)**

| Природные условия | Степень пригодности территории | | |
|---|---|---|---|
| | благоприятные | неблагоприятные | особо неблагоприятные |
| Рельеф для строительства | | | |
| жилищного и общественного | С уклоном от 0,005 до 0,1 | С уклоном менее 0,005; от 0,1 до 0,2 (в горных местностях до 0,3) | С уклоном более 0,2 (в горных местностях более 0,3) |
| промышленного | С уклоном от 0,003 до 0,03 | С уклоном менее 0,003 и от 0,03 до 0,05 | Без уклона и с уклоном более 0,05 (за исключением случаев, допускаемых технологическим процессом производства) |
| Грунты | Допускающие возведение зданий и сооружений без устройства искусственных оснований и сложных фундаментов (пески, супеси, суглинки) | Требующие устройства экономически целесообразных искусственных оснований и сложных фундаментов (тяжелые суглинки, глины) | Требующие устройства особо сложных искусственных оснований и фундаментов (просадочные грунты, плывуны) |
| Сопротивление грунтов сжатию, МПа | Более 0,15 | 0,1—0,15 | Менее 0,1 |
| Грунтовые воды | Допускающие строительство без проведения работ по понижению уровня грунтовых вод | Требующие экономически целесообразного понижения уровня грунтовых вод, устройства гидроизоляции или проведения противокоррозийных мероприятий | Требующие проведения особо сложных инженерных мероприятий по понижению уровня грунтовых вод |
| Заболоченность | Без заболоченности или допускающие возможность осушения территорий простейшими методами | Требующие выполнения экономически целесообразных специальных работ по осушению (торфяники мощностью слоя менее 2 м) | Значительные заболоченности, торфяники слоем более 2 м |
| Затопляемость для строительства: | | | |
| жилищного и общественного | Незатопляемые или затопляемые не чаще 1 раза в 100 лет (обеспеченность 1 %) | Затопляемые слоем не более чем на 0,5 м от поверхности земли 1 раз в 100 лет и 1 раз в 25 лет (обеспеченность 47 %) | Затопляемые слоем более 0,5 м 1 раз в 25 лет и чаще |

| | | | |
|---|---|---|---|
| промышленного | Незатопляемые паводками повторяемостью 1 раз в 100 лет для предприятий народнохозяйственного и оборонного значения; для остальных предприятий — 1 раз в 50 лет | Затопляемые слоем менее 0,5 м паводками, указанными в графе для благоприятных территорий, требующие проведения экономически целесообразных мероприятий по инженерной подготовке территорий | Затопляемые паводками более частой повторяемости |
| Овраги: | | | |
| подверженность развитию | Неразвивающиеся | Слабо развивающиеся | Развивающиеся (действующие или растущие) |
| крутизна склонов | Пологие | Крутые | Крутые |
| глубина | Менее 3 м | 3—10 м | Более 10 м |
| Размыв и переработка берегов | Отсутствуют | Встречаются в отдельных местах: зона переработки не превышает по ширине 10 м | Реки с блуждающими руслами, значительный размыв и переработка берегов, зона переработки превышает 10 м по ширине |
| Оползни, карсты | Отсутствуют | Имеются недействующие и действующие отдельные активные оползни и карсты, требующие выполнения несложных экономически целесообразных инженерных мероприятий | Имеют значительное распространение действующие оползни и карсты, требующие выполнения сложных инженерных мероприятий |
| Проветриваемость территории (для жилищно-гражданского строительства) | Хорошо проветриваемые и защищенные от сильных ветров и бурь или допускающие устройства ветрозащитных зеленых зон. Расположенные с подветренной стороны по отношению к источникам сильного загрязнения атмосферы | Замкнутые котлованы с длительным застоем воздуха и участки, не защищенные от сильных и вредоносных ветров и бурь. Расположенные с подветренной стороны по отношению к источникам сильного загрязнения атмосферы, но за пределами санитарно-защитных зон | Расположенные в пределах санитарно-защитных зон от промышленных предприятий и других источников сильного загрязнения атмосферы |
| Инсоляция территории (для жилищно-гражданского строительства) | Нормально инсолируемые в течение всего года | Затененные более половины нормальной продолжительности инсоляции | Неинсолируемые в течение всего года |

**Таблица 2. Характеристика природных условий территорий по степени их благоприятности для устройства зеленых насаждений (садов, парков)**

| Природные условия | Степень пригодности территории | | |
|---|---|---|---|
| | благоприятные | неблагоприятные | особо неблагоприятные |
| Рельеф | С уклоном до 0,1 | С уклоном от 0,1 до 0,3 | С уклоном более 0,3 |
| Грунты | По почвенному слою — черноземы разные, красноземы; по механическому составу — легкие и средние суглинки, супеси | По почвенному слою — слабо засоленные, выщелоченные, кислые; по механическому составу — пески, глины средние и тяжелые; суглинки тяжелые | По почвенному слою — солонцы, солончаки, лишенные почвенного слоя; по механическому составу — скальные породы (при сплошном залегании) |
| Грунтовые воды | Уровень от 2 до 1,5 м от поверхности | Уровень от 1,5 до 0,5 м и от 2 до 3 м от поверхности | Уровень грунтовых вод менее 0,5 м и более 3 м от поверхности |
| Затопляемость | Незатопляемые паводковыми водами | Затопляемые паводковыми водами не более 15 дней | Затопляемые паводковыми водами более 15 дней |
| Заболоченность | Заболоченность и бессточные участки отсутствуют | Заболоченность атмосферного питания, легко осушаемая | Болота грунтового питания, трудно осушаемые |
| Овраги | Стабилизировавшиеся глубиной до 5 м с пологими склонами | Стабилизировавшиеся глубиной до 5 м с крутыми и обрывистыми склонами или глубиной более 5 м с пологими склонами | Действующие |
| Оползни | Отсутствуют | Отдельные оползневые склоны, требующие укрепления | Многочисленные оползневые склоны, требующие укрепления |
| Размыв и переработка берегов | Отсутствуют | В ряде мест. Зона переработки не превышает по ширине 10 м | Реки с блуждающими руслами, значительный размыв и переработка берегов, зона переработки превышает 10 м по ширине |
| Карст | Отсутствует | Незначительное число неглубоких воронок затухающего карста | Значительное число воронок затухающего карста глубиной более 10 м, наличие в пределах территории подземных пустот |

**Таблица 3. Градостроительная оценка территории в зависимости от крутизны поверхности**

| Категория | Крутизна (уклон) | Градостроительная оценка территории |
|---|---|---|
| I | Менее 0,005 | Благоприятна для размещения застройки, трассирования улиц и дорог; неблагоприятна для организации стока поверхностных вод и прокладки самотечных инженерных сетей |
| II | 0,005–0,03 | Благоприятна и удовлетворяет требованиям застройки, прокладки улиц и дорог, организации водоотвода и пр. Вертикальная планировка не вызывает сложных мероприятий |
| III | 0,03–0,06 | В основном благоприятна для планировки и застройки; создает некоторые затруднения в размещении зданий (протяженные, многосекционные), в планировке городских площадей И трассировании улиц. Вызывает довольно значительные работы по преобразованию рельефа |
| IV | 0,06–0,1 | Представляет большие трудности в планировке и застройке территории, в трассировании улиц и в прокладке самотечных подземных инженерных сетей. Вызывает сложные и значительные по объему работы по преобразованию рельефа |
| V | 0,1–0,2 | Неблагоприятна для размещения застройки – вызывает необходимость устройства террас и использования зданий специальных конструкций. Более соответствует малоэтажному индивидуальному строительству. Создает большие затруднения в прокладке улиц, дорог, площадей и подземных коммуникаций. Вызывает сложные и большие по объему работы по подготовке площадок и при строительстве сооружений – устройство террас, откосов, подпорных стенок |
| VI | Более 0,2 | Крайне неблагоприятна и сложна для планировки, застройки и благоустройства, очень сложна для трассирования улиц и прокладки подземных коммуникаций. Вызывает очень большие трудности при вертикальной планировке. Осваивается при особой необходимости и при соответствующем технико-экономическом обосновании |

Тенденция экстенсивного градостроительного освоения территории за счет сельскохозяйственных и других земель привела к тому, что в пределах городов оставались неосвоенные, иногда весьма значительные по площади, так называемые неудобные или непригодные территории. Например, в ряде городов, расположенных на высоких берегах рек, не осваивались овраги, пересекающие город в поперечном направлении (Волгоград, Новосибирск и др.). С ростом городов, а следовательно, и повышением ценности городских земель в последнее время достаточно интенсивно стали осваивать в градостроительных целях неудобные и непригодные территории. Поэтому вопросы градостроительного анализа и инженерной подготовки территорий приобретают все более важное значение.

### *1.2. Комплексная оценка территории*

На выбор территории для размещения населенных мест оказывают влияние различные факторы и в первую очередь природные условия и физико-геологические процессы и явления, недостаточный учет которых может привести к удорожанию строительства, неблагоприятным условиям проживания, а иногда и к авариям и разрушениям.

Природные условия и процессы, как правило, взаимосвязаны и оказывают определенное влияние друг на друга. Например, высокий уровень грунтовых вод приводит не только к подтоплению территории, но и к активизации развития овра-

гов, оползней, карстовых явлений, снижению несущей способности грунта и пр. В свою очередь, наличие оврагов на территории оказывает влияние на горизонт подземных вод, поскольку овражная сеть — это своеобразный естественный открытый дренаж. Повышение уровня воды в реках и водоемах может привести не только к затоплению территории, но и к подъему горизонта грунтовых вод и подтоплению территории иногда на значительные от береговой линии расстояния, к нарушению стабильности берегового склона, к активизации оползней и т.д.

Таким образом, при оценке территорий рассматриваются наиболее важные для градостроительства природные условия и физико-геологические процессы, что позволяет определить пригодность территории для градостроительства.

На заключительном этапе общей градостроительной оценки территории все природные условия и физико-геологические процессы, влияющие на характер градостроительного использования территории, рассматриваются комплексно: климатические условия, рельеф, геология, гидрогеологические условия и гидрология и пр. Вместе с этим определяется возможный ущерб, который может быть нанесен городскому хозяйству в случаях отрицательного воздействия природных факторов, включая и катастрофические последствия.

Комплексная оценка территории производится на основе инженерно-геологических изысканий, в состав которых входят: оценка геологических и гидрогеологических условий территории, выявление и прогноз опасных физико-геологических явлений и оценка влияния этих явлений на свойство территории и на проектируемые сооружения; получение данных, необходимых для решения вопросов о возможных путях борьбы с этими явлениями и для проектирования защитных мероприятий; определение физико-механических характеристик грунтов, необходимых для проектирования и расчета сооружений.

Комплексная оценка территории производится по всем градостроительным факторам, которые включают не только природные, но и планировочные, санитарные и экономические условия. Все эти факторы и условия рассматриваются и оцениваются на всех стадиях проектирования.

Анализ и оценка природных условий производится уже при разработке схем и проектов районной планировки для выявления наиболее рациональной планировочной структуры и функционального зонирования района, выявления резервных территорий, формирования территориально-производственных комплексов, промышленных узлов и систем расселения, а также для размещения наиболее крупных производственных объектов. На этой стадии выделяются и территории с неблагоприятными природными условиями, а также намечаются принципиальные решения по их инженерной подготовке.

При разработке генерального плана города в состав материалов проекта включаются схемы, характеризующие природные условия и физико-геологические процессы: затопление и подтопление территории, овражная эрозия, оползни, карсты, сели и лавины, переработка берегов водоемов и водотоков и пр. Наряду с этим представляется план (карта) планировочных ограничений на зоны с активными физико-геологическими процессами, а также схемы инженерной подготовки (защиты) территории города по всем природным условиям.

На последующих стадиях проектирования (проекты детальной планировки, проекты застройки) анализ природных условий и их оценка конкретизируются, что позволяет определить наиболее рациональные и эффективные варианты инженерной подготовки территорий или мероприятия по защите отдельных участков или объектов.

### *1.3. Место инженерной подготовки территории в градостроительном проектировании*

Уже отмечалось, что инженерная подготовка территории представляет собой комплекс мероприятий по изменению и улучшению природных условий и исклю-

чению воздействия физико-геологических процессов. В соответствии с этим основными задачами инженерной подготовки являются создание условий для полноценного и эффективного градостроительного использования неудобных и непригодных территорий с отрицательными природными факторами, обеспечение стабильности поверхности земли, зданий и сооружений на участках, подверженных физико-геологическим процессам.

**Градостроительные особенности инженерной подготовки территории.** Поскольку инженерная подготовка позволяет осваивать территории с неблагоприятными природными условиями, она облегчает рациональное использование городских территорий. В общем балансе территории города исключаются неиспользуемые из-за неблагоприятных природных условий участки, что способствует компактности города, сокращению протяженности улиц и дорог, подземных инженерных коммуникаций и трасс общественного транспорта.

Мероприятия по инженерной подготовке весьма различны, что связано с большим многообразием природных условий и физико-геологических процессов и их комбинаций. Вместе с тем все мероприятия можно подразделить на две группы. К первой группе относят мероприятия, которые проводятся в той или иной степени на всех, включая и отнесенные к благоприятной категории, территориях. Это вертикальная планировка территории и организация стока поверхностных вод. Вторую группу составляют мероприятия специального типа, предназначенные для защиты территории от подтопления подземными водами, защиты территории от затопления, борьбы с оврагами, борьбы с оползнями, обвалами, снежными лавинами и селевыми потоками, освоения заболоченных территорий, борьбы с карстами, восстановления нарушенных территорий, использования территорий распространения вечной мерзлоты, дюн и барханов и подверженных сейсмическим явлениям.

Перечисленные мероприятия инженерной подготовки в зависимости от природных факторов конкретной территории могут применяться в различных сочетаниях, в любом случае оставаясь прежде всего градостроительными мероприятиями.

Сложность инженерных мероприятий и объем работ по их осуществлению зависят от природных условий и физико-геологических процессов, а также от градостроительного использования территории. Минимальные мероприятия по инженерной подготовке проводятся во всех без исключения населенных пунктах на благоприятных территориях, где обычно ограничиваются вертикальной планировкой и организацией стока поверхностных вод. В более сложных условиях к этим мероприятиям добавляются и специальные мероприятия.

Например, при необходимости использовать в градостроительных целях заовраженные территории применяется следующий комплекс мероприятий: вертикальная планировка прилегающих к оврагу территорий, полная или частичная засыпка оврага, террасирование склонов, организация стока поверхностных вод (перехват их по верхней бровке оврага и прокладка открытого или закрытого водостока по дну оврага), защита дна и склонов оврага от размыва, прокладка дренажа, каптаж грунтовых вод, посадка зеленых насаждений и пр. Набор необходимых мероприятий во многом зависит от назначения данной территории.

Эффективность мероприятий по инженерной подготовке достигается комплексностью их осуществления. Поэтому необходимо комплексное проектирование и осуществление мероприятий по всем видам природных условий и физико-геологическим процессам и в тесной взаимной связи с архитектурно-планировочными решениями. Применение какого-либо одного мероприятия всегда менее эффективно, а иногда и бесполезно. То же можно сказать и об оторванной от градостроительного проектирования разработке инженерных мероприятий.

Инженерная подготовка должна проводиться на всей территории, используе-

мой в градостроительных целях, даже в том случае, если последняя не намечена к освоению в первую очередь. Так, в случае, когда в городскую территорию входит часть оврага, нельзя ограничиться мероприятиями, проводимыми на заовраженном участке. Следует провести необходимые мероприятия по всему оврагу. Осуществление мероприятий инженерной подготовки в планировочных границах, которые не совпадают с границами влияния физико-геологических процессов, может привести к значительному снижению ожидаемого эффекта. Поэтому мероприятия по инженерной подготовке должны распространяться на всю территорию в пределах распространения отрицательных природных условий и процессов.

Градостроительное освоение территорий должно планироваться и осуществляться с учетом сроков выполнения мероприятий по инженерной подготовке, поскольку они должны быть проведены до начала строительных работ.

**Инженерная подготовка территории на различных этапах градостроительного проектирования.** Разработка мероприятий инженерной подготовки производится на всех стадиях проектирования, с последующим их уточнением и конкретизацией. В состав градостроительных проектов включаются разделы по инженерной подготовке территорий, защите их от неблагоприятных природных факторов.

Во многих случаях вопросы интенсивного использования городской территории решаются путем осуществления инженерной подготовки неудобных территорий, которые при улучшении их свойств могут быть использованы в градостроительных целях. Существенное значение в капиталовложениях на строительство города или жилого района имеет выбор территории, поскольку затраты на инженерную подготовку находятся в прямой зависимости от степени благоприятности территории для строительства. Стоимость работ по инженерной подготовке территории определяется на основе общей методики расчета стоимости строительства. Затраты на инженерную подготовку в зависимости от конкретных природных условий и физико-геологических процессов в среднем составляют 2—5 % общей стоимости строительных работ.

Таким образом, в общей стоимости строительства фактор природных условий, а следовательно, и инженерная подготовка территорий имеют существенное значение и оказывают непосредственное влияние на архитектурно-планировочное решение, стоимость строительства и эксплуатации города.

# Глава 2. Вертикальная планировка территории

Вертикальная планировка — один из основных элементов инженерной подготовки территорий населенных мест — представляет собой процесс **искусственного изменения естественного рельефа** для приспособления его к требованиям градостроительства.

Задача вертикальной планировки заключается в придании проектируемой поверхности уклонов, обеспечивающих следующие цели: отвод дождевых, талых и прочих поверхностных вод по открытым лоткам в водосточную сеть и далее через очистные сооружения в естественные водоемы; благоприятные и безопасные условия движения транспорта и пешеходов; подготовку осваиваемой территории для застройки, прокладки подземных сетей и благоустройства; организацию рельефа при наличии неблагоприятных физико-геологических процессов на местности (затопление территории, подтопление ее грунтовыми водами, оврагообразование и т.д.); придание рельефу наибольшей архитектурно-композиционной выразительности.

Важное условие проектирования вертикальной планировки — достижение наименьшего объема земляных работ и возможного баланса перемещаемых масс грунта, т.е. равенство объемов насыпей и выемок для сокращения

транспортных расходов на доставку или вывоз грунта.

При разработке проектов вертикальной планировки надо стремиться к максимально возможному сохранению сложившегося природного рельефа местности, существующих зеленых насаждений и растительного почвенного покрова.

В связи с этим вертикальная планировка должна предусматриваться, как правило, на земельных участках, занятых зданиями, сооружениями, улицами, дорогами и площадями. Сплошную вертикальную планировку допускается применять на территориях общественных центров при плотности застройки более 25 %, а также при большой насыщенности их дорогами и инженерными сетями.

Естественно, сложившийся растительный покров земли является своеобразным «золотым фондом» для дальнейшего использования при озеленении территории. Поэтому строительные нормы и правила обязывают в проектах вертикальной планировки территорий предусматривать места снятия и временного хранения плодородного слоя почвы и меры по защите его от загрязнения при производстве строительных работ с учетом последующего его использования для озеленения и благоустройства территории.

В сложных условиях подготовки территории может возникнуть необходимость коренного изменения существующего рельефа путем сплошной подсыпки участков, подверженных затоплению паводковыми водами, засыпки оврагов или срезки возвышенностей, препятствующих размещению застройки, улиц, проездов и т.п.

При этом необходимо предусматривать такое размещение земляных масс, которое не могло бы вызвать оползневых и просадочных явлений, нарушения поверхностного стока, режима грунтовых вод и заболачивание территорий. Указанные обстоятельства приобретают особое значение при засыпке оврагов и избыточно увлажненных территорий.

## *2.1. Рельеф и его градостроительная оценка*

При разработке генеральных планов населенных мест, проектов детальной планировки и застройки их территорий наряду с учетом ряда факторов существенное, а иногда решающее значение приобретает характер рельефа местности. Недоучет или неправильное использование особенностей рельефа приводит к усложнению проектных решений, удорожанию строительных работ и созданию в ряде случаев неблагоприятных условий для размещения зданий и сооружений, организации движения транспорта и пешеходов, санитарно-гигиенических условий проживания и благоустройства.

**Виды рельефа и его отображение на градостроительных планах.** Рельеф местности часто определяет внешний облик города и условия его территориального развития.

По принятой планировочной практикой терминологии рельеф местности расположения города (или другого населенного пункта) подразделяют на следующие виды: равнинный — слабо выраженная пологая поверхность земли, без холмов и оврагов (например, С.-Петербург); средний — с холмами, небольшими долинами и котловинами (например, Москва); сложный — с резко выраженными крутыми скатами и холмами (например, Киев).

Рельеф местности определяется геодезической съемкой и изображается на плане в горизонталях, представляющих собой условные линии проекции пересечения поверхности горизонтальными плоскостями, расположенными по высоте на равных расстояниях друг от друга. Так как каждая в отдельности горизонталь — это линия, соединяющая между собой точки с одинаковыми отметками, горизонтали не могут пересекаться между собой в плане.

На горизонталях надписываются их высотные отметки, отсчитанные от абсолютного нуля, за который при нивелировании поверхности принят уровень Бал-

тийского моря. В этом случае отметки носят название «абсолютных», а при отсутствии таких данных нивелирование поверхности производят от условно принятого уровня и отметки называют «относительными».

Разность между соседними по высоте горизонталями называют высотой сечения рельефа или **шагом** горизонталей, а расстояние между ними в плане — **заложением**.

На поверхности с одинаковым углом падения рельефа расстояния между горизонталями будут равными. При пологом рельефе расстояния между горизонталями будут большими, а по мере повышения крутизны ската расстояния между ними в плане уменьшаются.

На рис. 1 представлен план местности, отображающий в горизонталях различные условия рельефа. Как видно из наименования (отметок) горизонталей, они заложены с падением по высоте, или шагом через 1 м. Стрелками показаны направления уклонов поверхности, наибольшие из которых определяются по кратчайшему расстоянию между горизонталями (по нормали к ним).

Таким образом условия рельефа местности характеризуются уклонами и их направлением. Величина уклона поверхности на каждом рассматриваемом участке определяется по следующей формуле:

$$i = \Delta h / l, \qquad (1)$$

где $i$ — уклон поверхности; $\Delta h$ — разность отметок между двумя точками или соседними горизонталями, м; $l$ — расстояние между двумя точками или горизонталями на рассматриваемом направлении, м.

Величина уклона выражается десятичными дробями, в сотых долях (проценты — %) и в тысячных долях (промилле — ‰). Так, $i = 0{,}01$, что равнозначно $i = 1$ %, или $i = 10$ ‰ На практике в настоящее время уклоны выражаются чаще в тысячных долях (промиллях).

В природе редко встречаются безуклонные поверхности земли. Исключение представляют собой лишь заболоченные территории. Так, представленный на рис. 1 план рельефа местности характеризуется наличием лощин, холмов, тальвегов, равнинных участков и т.д.

Наивысшие линии гребней или хребтов являются водораздельными, а по

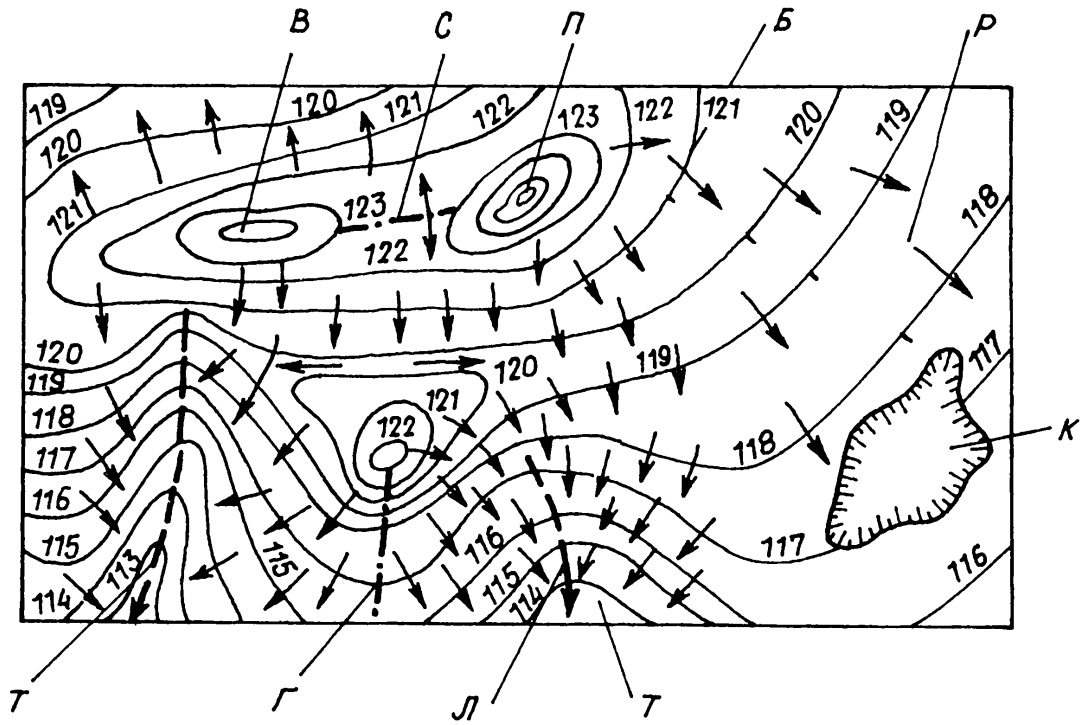



*Рис. 1. План местности, отображающий условия рельефа*
***В** — вершина; **С** — седловина; **П** — пик; **Б** — берг-штрих, указывающий направление склона; **Р** — равнинный участок; **К** —участок выработки грунта (котлован); **Т** — тальвег; **Л** — лощина; **Г** — гребень (стрелки показывают направление стока)*

наиболее низким участкам оврагов и лощин, носящим название тальвегов, концентрируется сток поверхностных вод.

При размещении проектируемых объектов выбирают наиболее благоприятные по рельефу территории и предусматривают планировочные мероприятия, обеспечивающие наиболее рациональное его использование.

**Градостроительная оценка участков территории по условиям рельефа.** Существенное изменение рельефа, особенно в условиях реконструкции, часто приводит к необходимости сноса или переустройства существующих капитальных зданий, ликвидации зеленых насаждений, производства грунтоукрепительных работ, строительства различных искусственных сооружений и других трудоемких и дорогостоящих работ. Поэтому в большинстве случаев необходимо, по возможности, сохранять существующий рельеф, что при разработке проектов вертикальной планировки является одной из основных задач.

Естественно, что территория с относительно спокойным рельефом по технико-экономическим условиям наиболее пригодна под застройку. Однако не всегда представляется возможность изыскания таких территорий в районах намечаемого строительства. Тем более что кроме рельефа местности на выбор благоприятных для застройки территорий влияет ряд других факторов, связанных с местными климатическими, гидрогеологическими и другими условиями, наличием водоемов, зеленых массивов и т.д.

Степень пригодности территории по условиям рельефа для размещения объектов жилищного, общественного и промышленного строительства определяется нормативными данными, представленными в табл. 4.

Территории с неблагоприятными и особо неблагоприятными условиями рельефа требуют проведения специальных мероприятий по вертикальной планировке с существенным изменением рельефа, устройством подпорных стенок, откосов и лестниц (рис. 2). Однако использование такого рода участков часто придает большую художественную выразительность планировке, застройке и при умелом архитектурно-композиционном размещении зданий на таких территориях является весьма положительным фактором. Рельеф территории в значительной степени предопределяет планировочную композицию уличной сети, а следовательно, и плана города.

Для продолжения сети улиц наиболее благоприятен рельеф с уклонами от 5 до 60 % для магистральных улиц и от 5 до 80 % для жилых улиц и проездов в зависимости от их классификации. При значительных уклонах местности (в горных условиях) приходится размещать застройку по террасам (рис. 3), а трассирование дорожно-уличной сети — по серпантинам.

Вертикальная планировка оказывает существенное влияние и на степень благоустройства территории, поскольку одно из важнейших требований — обеспечение стока поверхностных вод и удоб-

**Таблица 4. Характеристика пригодности территории под застройку по условиям рельефа**

| Степень пригодности территории | Уклон местности, ‰ | |
|---|---|---|
| | для жилых и общественных зданий | для территорий промышленных предприятий |
| Благоприятные | От 0 до 100 | От 3 до 50 |
| Неблагоприятные | От 100 до 200 (в горной местности до 300) | Менее 3 и более 50 |
| Особо неблагоприятные | Более 200 (в горной местности более 300) | Без уклона и более 50 |

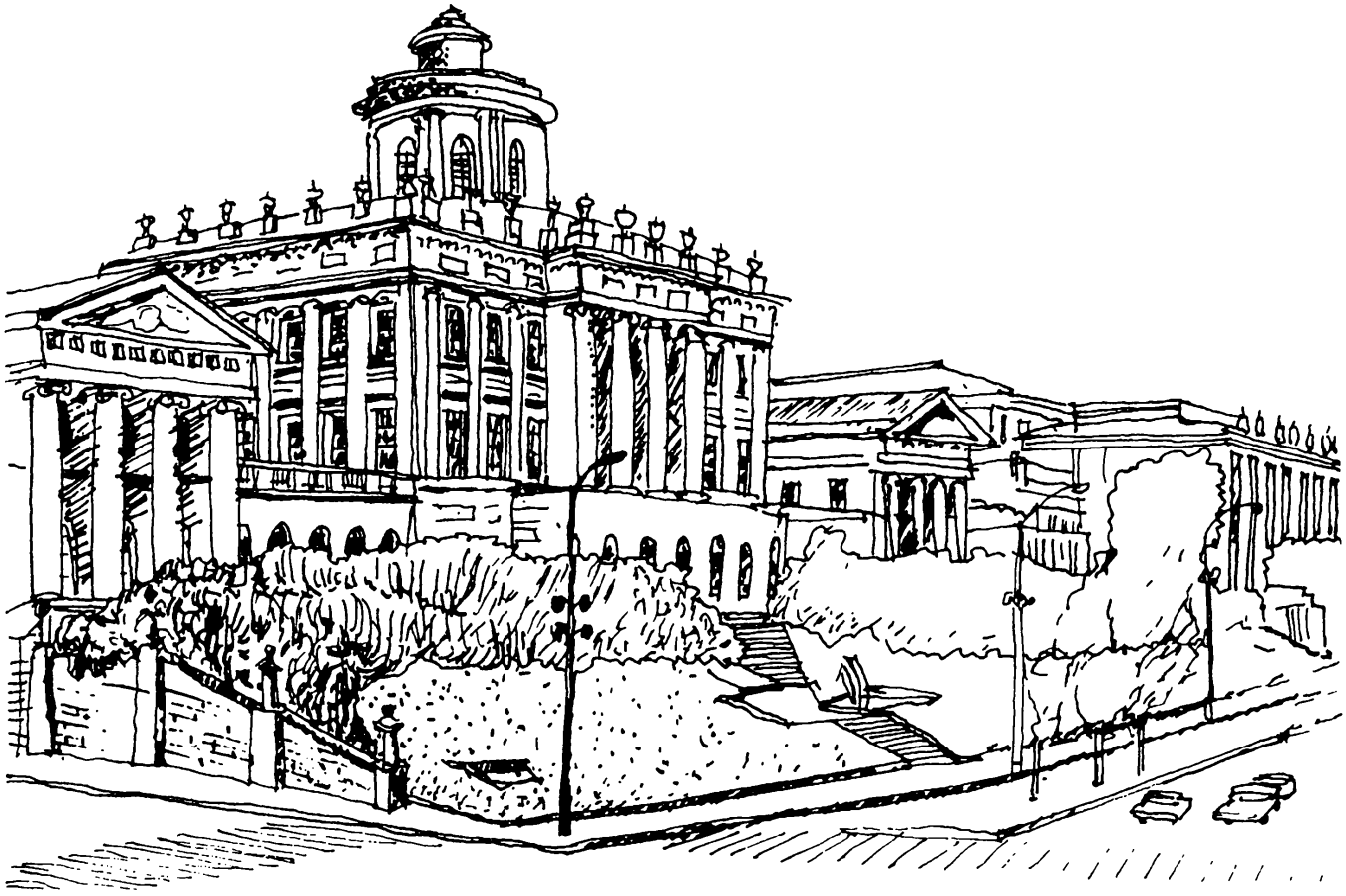


*Рис. 2. Размещение здания на холме*

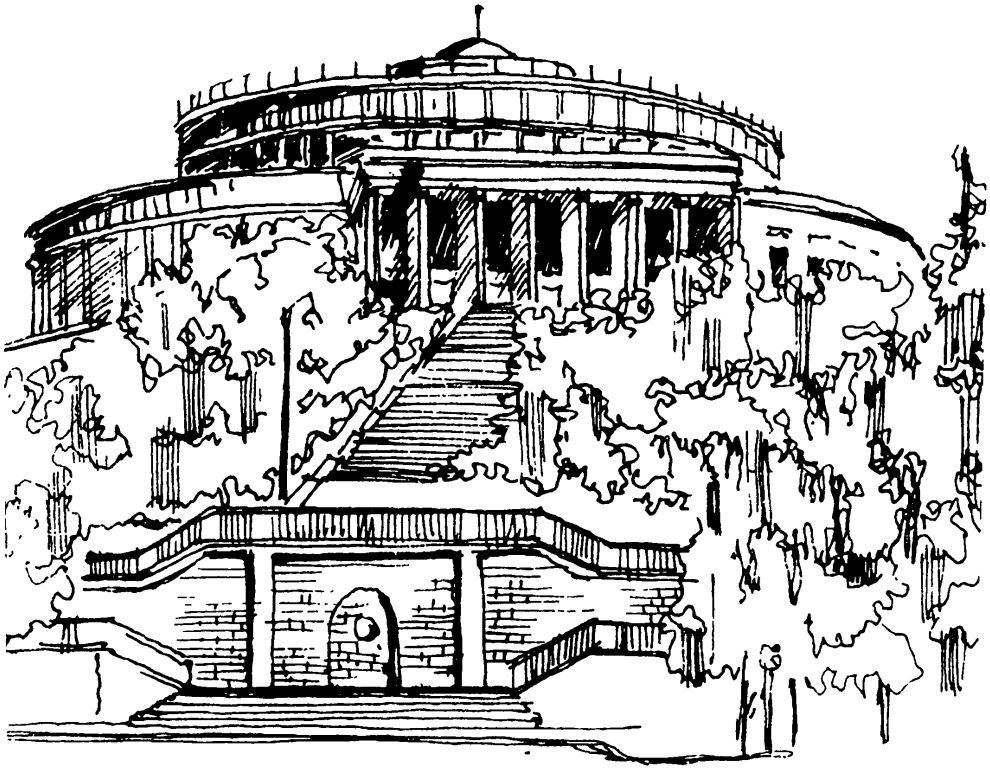


*Рис. 3. Размещение здания на возвышенном рельефе с оформлением откоса*

ство прокладки водосточных и канализационных трубопроводов.

Условия обеспечения поверхностного стока вод предопределяют необходимость создания минимального продольного уклона улиц (5 %) и в исключительных случаях при монолитном дорожном покрытии (асфальтобетоном, цементобетоном) не менее 4 %. Величину максимального продольного уклона устанавливают с учетом категорий улиц и дорог, чтобы обеспечивать удобство и безопасность движения по ним транспорта с расчетными скоростями.

Как правило, разработке вертикальной планировки территорий городов, отдельных районов и участков предшествует вертикальная планировка сети улиц и дорог, которая устанавливает проектные (красные) отметки на линиях, ограничивающих с двух сторон в плане площадь, занимаемую улицей или дорогой, именуемые **красными линиями**. Вертикальная планировка прилегающей к красным линиям территории для ее застройки и благоустройства разрабатывается с обязательной привязкой к проектным (красным) отметкам, являющимися руководящими.

## *2.2. Методы проектирования вертикальной планировки*

**Стадийность проектирования и вертикальная планировка.** Проекты вертикальной планировки разрабатывают в одну или две стадии. Одностадийный проект разрабатывается обычно при проектировании несложных и небольших по площади объектов.

Для проектирования схем вертикальной планировки городов или других населенных мест исходными материалами являются генеральные планы или смены планировки в масштабе 1:5000 (или 1:10 000 для крупных городов), а также материалы геодезических и гидрогеологических изысканий с отображением рельефа местности при помощи горизонталей.

Задача вертикальной планировки — обеспечение отвода поверхностного стока и подготовка территории для застройки при минимальном перемещении земляных масс — может быть достигнута при согласованном решении мероприятий по вертикальной планировке с проектом горизонтальной планировки. Необходимо обеспечить согласованное решение по вертикальной планировке не только в пределах отдельных улиц и кварталов, но и отдельных районов и территории города в целом. Поэтому проекты вертикальной планировки — составная часть проектов горизонтальной планировки на всех стадиях разработки. Объем и подробность разработки проектов вертикальной планировки зависят от стадии разработки горизонтальной планировки.

В зависимости от стадийности проектирования разработка вертикальной планировки производится тремя методами — проектных (красных) отметок; продольных и поперечных профилей; проектных (красных) горизонталей.

Цель любого из перечисленных методов проектирования вертикальной планировки — определение проектных высотных отметок поверхности, приемлемых уклонов для транспортно-пешеходного движения и стока поверхностных вод, а также подсчета объема земляных работ.

Точность подсчета объема земляных работ зависит от метода проектирования вертикальной планировки. Так, при методе проектных отметок можно достичь лишь ориентировочный объем, что приемлемо только при разработке схемы вертикальной планировки.

**Схема вертикальной планировки.** Разработку схемы вертикальной планировки, как первый этап высотного решения территории населенного места или отдельного его района, производят методом проектных (красных) отметок. Сущность этого метода в том, что на схеме генерального плана, который выполнен на геодезической подоснове, отображающей существующий рельеф территории в отметках или горизонталях, в характерных точках наносят проектные (красные) отметки. Проектные отметки и намечаемые уклоны на участках между ними характеризуют планируемый рельеф и опреде-

ляют организацию поверхностного стока дождевых и талых вод.

В схеме вертикальной планировки проектные отметки наносят по осям улиц и дорог в точках их взаимных пересечений, а также в местах намечаемых переломов (изменений уклонов) продольных профилей. Определяют проектные отметки на пересечениях улиц и дорог, у искусственных сооружений, в местах намечаемых значительных подсыпок или срезок и других характерных точках. Разность между проектными и существующими отметками называют **рабочими отметками**, они характеризуют величину подсыпок или срезок (насыпь или выемка), а также высотное положение поверхностей проектируемых искусственных сооружений.

Предусматривается, что на участках между точками задаваемых проектных отметок поверхностям придаются в профиле прямолинейные очертания. При этом средние проектные уклоны поверхностей определяются отношением разностей между переломными проектными отметками к расстоянию между точками этих отметок.

Схемой вертикальной планировки должны быть определены изменения рельефа территории, условия организации поверхностного стока. Для этого устанавливают места сброса ливневых и фекальных вод и намечают сеть основных водоотводящих коллекторов. Исходя из преимущественного расположения водоприемные сооружения и водоотводящие сети ливневой и фекальной канализации вдоль улиц обычно трассируют по пониженным местам по отношению к прилегающей территории, чем обеспечиваются сток поверхностных вод с прилегающей территории и удобство канализования отдельных участков.

На схеме вертикальной планировки на перекрестках в местах пересечения осей проезжих частей улиц и в точках изменения уклонов делается выноска, на которой внизу фиксируется существующая (черная) отметка, а наверху проектная (красная) отметка. Разность между проектной (красной) и существующей (черной) отметками, т.е. рабочая отметка наносится в скобках с правой стороны выноски при срезке со знаком минус (–), а при насыпке со знаком (+). Стрелкой показывается направление проектного продольного уклона улицы от более высоких отметок к пониженным, а над стрелкой отмечаются уклон и под ней расстояние между переломными точками в метрах (рис. 4).

Проектирование схемы вертикальной планировки производится в следующей последовательности: тщательно изучается рельеф местности; выбирается точка на оси пересечения улиц (как правило, с наиболее высокой отметкой), определяется превышение данной точки над отметкой ближайшего перекрестка и продольный уклон. Если полученный продольный уклон соответствует допустимым значениям, он округляется до тысячных долей (в промилле) и принимается за проектный. Доведение продольного уклона до минимально и максимально допустимого производится за счет изменения существующих отметок, которые становятся проектными. При этом необходимо стремиться к тому, чтобы, по возможности, рабочие отметки не превышали 0,5 м, так как большие срезки и выемки по улице приведут к большим земляным работам на прилегающих к ним территориях. Кроме того, при разработке схемы вертикальной планировки следует также предусматривать обеспечение поверхностного стока с прилегающих к улицам территорий, так как закрытая подземная сеть водостоков располагается, как правило, вдоль улиц.

Определение отметок существующей поверхности территории в намечаемых переломных точках на плане в горизонталях или в отметках производят методом интерполяции, для чего проводят через эти точки линии примерно перпендикулярно ближайшим горизонталям (рис. 5). Отметки искомых точек определяют по формуле

$$H_x = H_в + (H_А - H_в)l/L, \qquad (2)$$

где $H_в$ — отметка нижележащей горизонтали; $H_А$ — отметка вышележащей горизонтали;

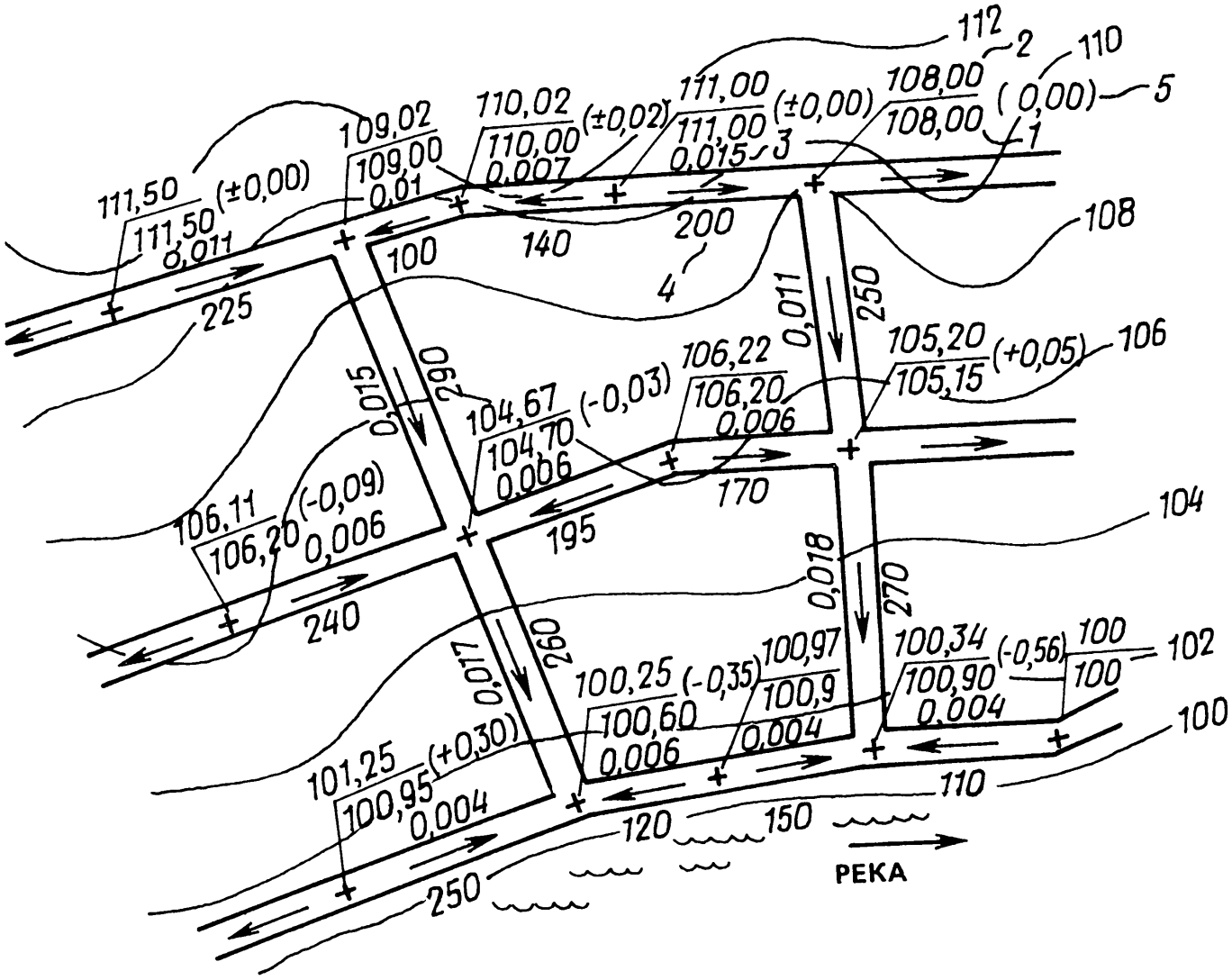



*Рис. 4. Фрагмент схемы вертикальной планировки:*
*1 — существующая (черная) отметка; 2 — проектная (красная) отметка; 3 —проектный продольный профиль; 4 — расстояние, м; 5 — рабочая отметка*

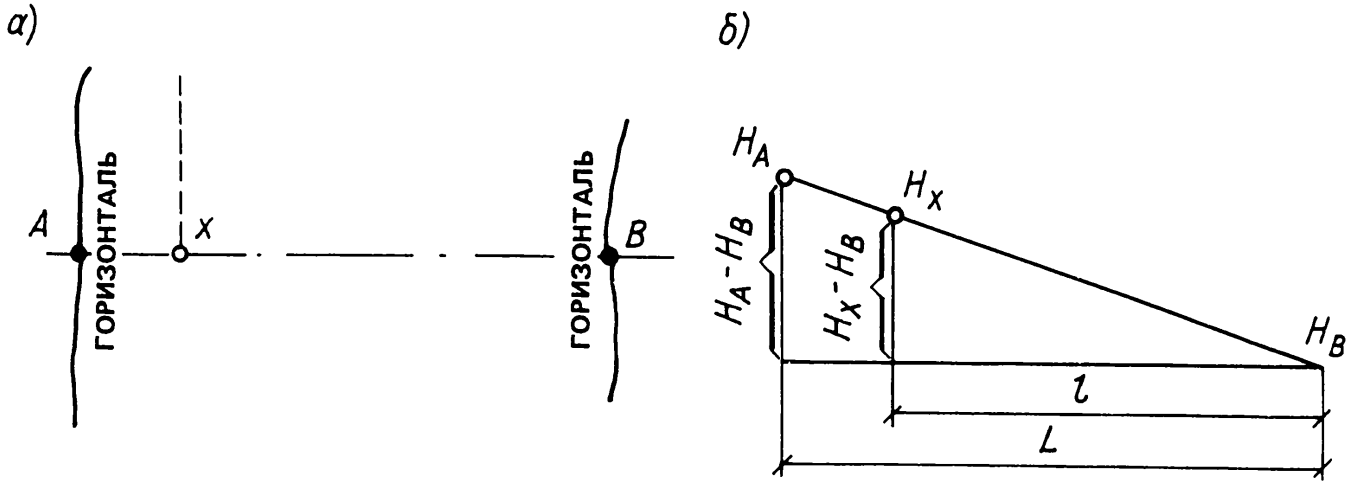



*Рис. 5. Схема определения промежуточных отметок (метод интерполяции):*
***А** — план; **Б** — профиль*

$L$ — расстояние между горизонталями по проложенной прямой линии (заложение горизонталей); $l$ — расстояние от рассматриваемой точки до нижележащей горизонтали.

Метод проектных (красных) отметок применяется на первых стадиях градостроительного проектирования — при разработке технико-экономического обоснования и генерального плана города.

**Метод проектных профилей.** Метод проектных профилей — следующая после схемы вертикальной планировки и более детальная стадия проектирования. Его применяют главным образом при проектировании линейных сооружений автомобильных и железных дорог, трамвайных путей, подземных сетей и т.д. Иногда он используется и при планировке отдельных участков территории. Система проектных профилей (обычно продольных и поперечных по отношению к осям проектируемых сооружений) дает достаточно полное представление о намечаемых проектных решениях и возможность точного осуществления их в натуре, так как выполняется в более крупных масштабах.

**Профили** представляют собой условные размеры существующей и проектируемой поверхностей в рассматриваемых сечениях.

При проектировании улиц и дорог разрабатывается продольный профиль по оси проезжей части, а для определения проектных отметок в лотках проезжей части пользуются составленным типовым поперечным профилем, что приемлемо при симметричном решении улицы или дороги на определенном протяжении.

На городских улицах симметричное решение поперечного профиля может быть достигнуто лишь на отрезках от перекрестка к перекрестку. Поэтому часто приходится, кроме продольного профиля по оси проезжей части, проектировать таковые и по лоткам.

Кроме того, разрабатываются так называемые рабочие поперечные профили по сечениям продольного профиля на каждом пикете и в наиболее характерных местах. По ним и производится подсчет объемов земляных работ, которые фиксируются в специальных ведомостях (методы подсчета объема земляных работ приводятся далее).

Проектирование вертикальной планировки методом проектных профилей на городских площадях и прилегающей к улицам территории — сложный и многодельный процесс. В этом случае требуется разработка проектных профилей по всем линиям сетки квадратов через 10—20 м, что не выражает графически пластику рельефа.

**Метод проектных (красных) горизонталей.** Наиболее точен и выразителен при решении вертикальной планировки площадей и застрахованных территорий метод проектных (красных) горизонталей. В ряде случаев в проектах вертикальной планировки, особенно на городских территориях, применяется совмещенный метод — проектные горизонтали и профили (продольные и типовые поперечные). Такой метод наиболее рационален при проектировании сложных площадей, транспортных развязок и прилегающих к ним территорий.

Метод проектных (красных) горизонталей выгодно отличается от метода профилей большей наглядностью, ясностью сочетания проектируемого рельефа с размещением сооружений, возможностью охвата всей проектируемой территории.

В отличие от ранее изложенных методов, характеризующих лишь линейное изменение рельефа, данный метод позволяет благодаря изображению вертикальной планировки в проектных (красных) горизонталях охватить всю площадь видоизмененного рельефа, отобразить в плане пластику рельефа на всей проектируемой территории. С помощью метода интерполяции такое решение вертикальной планировки дает возможность определить проектную отметку в любой точке плоскости рельефа. Благодаря этому метод проектных горизонталей преимущественно распространен при разработке детальных проектов вертикальной планировки улиц, площадей, территорий микрорайонов, промышленных площадок, зеленых массивов и т.д.

В отличие от черных горизонталей, характеризующих существующий (природный) рельеф, красные горизонтали отображают проектируемую поверхность территории, преобразованную в целях планировки, застройки и благоустройства. Исходный материал для разработки вертикальной планировки территории проектируемых объектов — генеральная схема вертикальной планировки населенных мест или отдельных их районов, составляемая при разработке генеральных планов.

При проектировании улиц, дорог, площадей, микрорайонов, промышленных площадок и других территорий методом проектных (красных) горизонталей шаг между ними избирается в зависимости от масштаба плана и крутизны рельефа. Так, при обычно принятых в проектировании вертикальной планировки методом проектных горизонталей масштабах плана 1:1000 и 1:1500 шаг принимается равным 0,1 и 0,2 м, а при предельно допустимых максимальных уклонах — 0,5 м. Проектирование вертикальной планировки методом красных горизонталей требует, чтобы их отметки были кратны принятому шагу горизонталей. Так, при шаге 0,2 м проектные отметки горизонталей должны быть 100; 100,2; 100,4; 100,6 и т.д.

Поскольку исходные отметки, от которых начинается проектирование (обычно отметка пересечения оси улиц и проездов) не всегда кратны принятому шагу горизонталей, то в первую очередь необходимо определить точку расположения ближайшей по значению проектной (красной) горизонтали. Расстояние от исходной точки до ближайшей красной горизонтали определяется как частное от деления разности отметок $\Delta h$ на уклон $i$. Определение точек расположения красных горизонталей называется **градуированием** и по существу соответствует методу интерполяции. Пример градуирования приведен далее.

На откосах, естественно, горизонтали невозможно изобразить, поэтому они фиксируются на планах условными обозначениями с показом в масштабе величины заложения откоса (1; 1, 1; 11 5, 1;2 и т.д.) в зависимости от плотности грунта и планировочных возможностей.

При методе проектных горизонталей совмещают план и профили в любых рассматриваемых сечениях, в результате чего одновременно решается горизонтальная и вертикальная планировка проектируемых участков.

Перед нанесением проектных горизонталей необходимо предварительно определить: а) участки территории, отметки которых должны быть по возможности сохранены: у входов в здания, капитальных сооружений, поверхностей пересекающихся проезжих частей улиц и дорог, трамвайных путей, участков сохраняемых зеленых насаждений и т.д.;

б) водораздельные линии и наиболее пониженные участки местности; в) места резких изменений уклонов поверхности. При этом определяют направления и величину уклонов отдельных сопрягаемых участков и ориентировочные величины намечаемых срезок и подсыпок на них.

С учетом обеспечения минимального объема земляных работ и отметок опорных точек на оси проезжей части намечают точки перелома продольного профиля и их ориентировочные проектные отметки. Затем определяется расстояние между вышеуказанными точками и продольные уклоны между ними. Проектные уклоны, округленные до целого числа тысячных долей, надписывают над стрелками, наносимыми вдоль оси проезжей части и показывающими направления проектных уклонов, а расстояние между переломными точками — под стрелками. У всех переломных точек выписывают существующие и проектные отметки.

С учетом принятых уклонов уточняют проектные отметки переломных точек по формуле

$$H_2 = H_1 - Li, \qquad (3)$$

где $H_1$ и $H_2$ — проектные отметки точек на рассматриваемом участке; $L$ — расстояние между ними; $i$ — запроектированный продольный уклон.

Проектные горизонтали наносят через 0,1—0,2 м по высоте (при эскизной планировке через 0,2—0,5 м).

Расстояние между проектными горизонталями в плане (рис. 6) определяют по формуле

$$l = \Delta h / i_{пр}, \qquad (4)$$

где $\Delta h$ — падение или шаг горизонталей; $i_{пр}$ — продольный уклон.

В табл. 5 приведены расстояния между горизонталями в плане при некоторых продольных уклонах.

**Таблица 5. Расстояние между проектными горизонталями при $\Delta h$ = 10 см**

| Уклон, ‰ | Расстояние между горизонталями | |
|---|---|---|
| | в натуре, м | на плане (в масштабе 1:500 мм) |
| 5 | 20 | 40 |
| 10 | 10 | 20 |
| 20 | 5 | 10 |
| 30 | 3,33 | 6,66 |
| 40 | 2,5 | 5 |
| 50 | 2 | 4 |
| 60 | 1,67 | 3,34 |

Определение на плане местоположения на оси проезжей части точек, через которые должны пройти проектные горизонтали, производят следующим образом. Сначала определяют местоположение одной из этих точек (ближайшей к точке перелома продольного профиля с ранее установленной проектной отметкой). Расстояние между рассматриваемыми точками

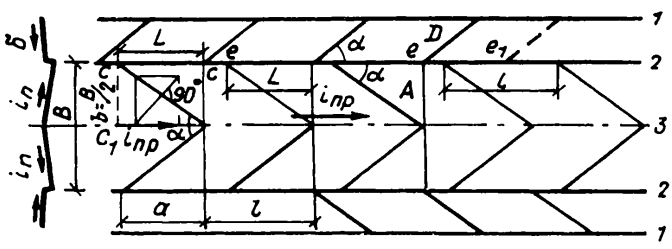



*Рис. 6. Принцип построения проектных горизонталей на проезжей части и тротуарах:*
*1 — тротуар; 2 — граница проезжей части; 3 — ось проезжей части*

$$L_1 = \Delta h_1 / i_{пр}$$

где $\Delta h_1$ — разность отметок искомой горизонтали и ближайшей от нее точки перелома продольного профиля; $i_{пр}$ — проектный продольный уклон.

При проектной отметке точки перелома продольного профиля, кратной шагу горизонталей, одна из горизонталей должна пройти через эту точку.

После нахождения точки проложения одной из горизонталей местоположение точек проложения остальных горизонталей на участке одного уклона устанавливают, откладывая в соответствующем масштабе на оси проезжей части отрезки длиной $l$, начиная от точки проложения первой горизонтали и определяемые по формуле (4).

Углы наклона горизонталей в плане по отношению к оси дороги зависят от величины поперечного уклона проезжей части. Поперечный уклон проезжей части на дороге с асфальтобетонным покрытием (наиболее распространенный тип покрытия в городах) принимают обычно равным 20 %.

В направлении результирующего уклона $i_р$ происходит сток поверхностных вод (перпендикулярно горизонталям). Горизонтали проходят к оси дороги под углом $\alpha$, тангенс которого равен отношению величины продольного уклона проезжей части $i_{пр}$ к ее поперечному уклону $i_{поп}$.

При ширине проезжей части B и половине ширины ее b = B/2 можно составить пропорцию: $b/a = i_{пр}/i_{поп}$, откуда

$$a = b\, i_{поп}/i_{пр} = (B/2)\,(i_{поп}/i_{пр}).$$

Если горизонталь должна пройти через точку d (на оси проезжей части), то для нахождения соответствующей ей по высоте точки c (в лотке) надо от точки d отложить подсчитанное по вышеприведенной формуле расстояние a (навстречу уклону) и из точки $c_1$ восстановить перпендикуляр до пересечения с кромкой проезжей части. Все горизонтали на протяжении участков улиц или дорог с одинаковыми продольными и поперечными уклонами параллельны

друг другу. С изменением продольных или поперечных уклонов изменяются и углы отклонения горизонталей от направления оси дороги.

Поскольку тротуары и газоны обычно возвышаются над проезжей частью улиц, то горизонтали на них смещаются по отношению к одноименным горизонталям на проезжей части. В большинстве случаев они имеют и другое направление, так как поверхностям проезжей части и тротуара придают встречные поперечные уклоны — в сторону лотков.

Углы отклонения горизонталей на тротуарах по отношению к линиям бортов, а следовательно, и к оси проезжей части определяют по тому принципу, что и для проезжей части.

При одинаковых поперечных уклонах поверхностей проезжей части и тротуаров величины этих углов будут одинаковыми.

Величину взаимосмещения одноименных горизонталей на проезжих частях и тротуарах $L$ можно определить следующим образом. Предположим, что тротуар возвышается над лотком проезжей части на величину $h$. Тогда горизонталь $D$ пройдет через точку $l$, отстающую от точки С на расстоянии $L$, равном — $h/i_{пр}$.

При возвышении тротуара над лотком проезжей части на 0,15 м, $L = 0{,}15/i_{пр}$. С другой стороны, $i_{пр} = \Delta h/l$, где $\Delta h$ — шаг горизонтальный. Подставляя значение $i_{пр}$ в предыдущее выражение, получим $L = 0{,}151/\Delta h$. При шаге горизонталей $\Delta h = 0{,}2$ м, l = 3/41, т.е. точки будут находиться между каждой вышележащей и нижележащей горизонталью в 1/4 расстояния между ними, считая от нижележащей горизонтали. При шаге горизонталей 0,1 м l будет равно 1,51, т.е. каждая точка 1 будет находиться посередине между двумя нижележащими горизонталями.

Поперечные уклоны проезжих частей улиц и дорог обычно сохраняют постоянными двухскатными по всей их длине за исключением криволинейных участков малых радиусов. На этих участках возникают значительные центробежные усилия, величина которых прямо пропорциональна массе автомобилей к квадрату скорости их движения и обратно пропорциональна радиусам кривых ($c = mV^2R$). Под влиянием этих усилий может произойти смещение автомобилей в направлении от центра кривой или даже их опрокидывание. Во избежание этого на таких участках устраивают виражи, придавая поверхности дороги односкатный профиль с уклоном к центру кривой (рис. 7). Односкатный профиль делается на всем протяжении основной круговой кривой.

Виражи устраивают при радиусах кривых; на городских дорогах скоростного движения — менее 2000 м; на магистральных улицах — менее 1200 м и на остальных улицах и дорогах — менее 800 м.

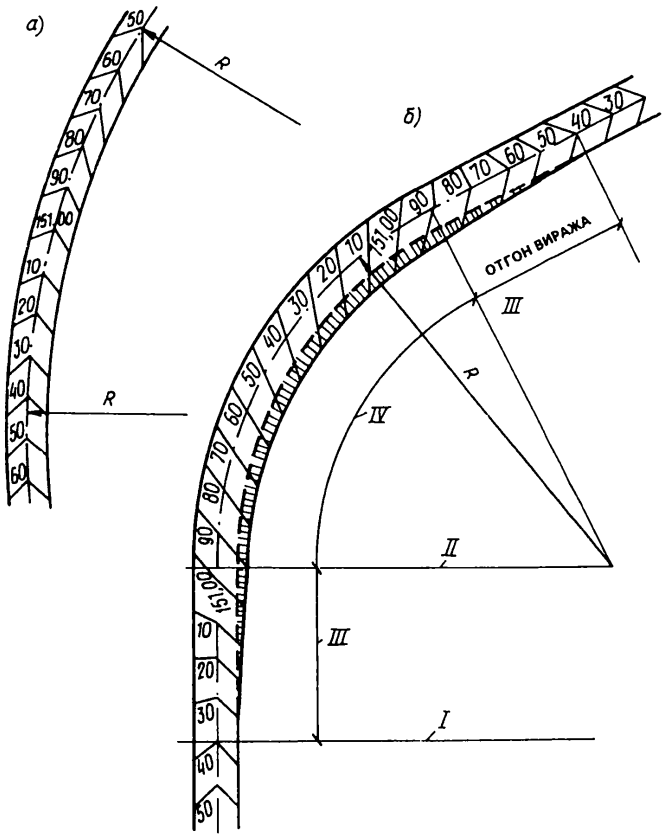



*Рис. 7. Пример вертикальной планировки проезжей части на криволинейных участках:*
***а** — без устройств виража; **б** — с устройством виража; **I** — начало отгона виража; **II** — начало радиальной кривой; **III** — отгон виража; **IV** — вираж и уширение*

**Значения поперечных уклонов проезжих частей на виражах в зависимости от радиусов кривых**

| Радиусы кривых в плане, мм | Поперечные уклоны виража, % |
|---|---|
| 2000–1000 | 20–30 |
| 1000–700 | 30–40 |
| 700–650 | 40–50 |
| 650–600 | 50–60 |
| менее 600 | 60 |

Меньшие из указанных величин поперечных уклонов соответствуют бóльшим радиусам кривых, а бóльшие — меньшим.

В местностях с частым гололедом во избежание бокового смещения автомобилей в сторону центра кривой при их движении с пониженной скоростью величина поперечных уклонов не должна превышать 40 %. В соответствии с этим радиусы закруглений должны приниматься не менее 700 м. Вираж должен сохраняться на всем протяжении радиальной кривой. Переход же от двухскатного профиля к односкатному или же увеличение поперечных уклонов поверхности проезжей части с односкатным профилем должен осуществляться до начала радиальной кривой на участках переходных кривых, а при их отсутствии на прилегающих прямолинейных участках.

Плавный постепенный переход от двухскатного поперечного профиля к односкатному называют отгоном виража (см. рис. 7). При радиусах кривых менее 700 м предусматривают уширение проезжих частей. При этом длина участка уширения проезжей части в плане совпадает с длиной отгона виража. Устройство дорог в горных условиях, как уже отмечалось, обеспечивается устройством большого числа криволинейных участков (серпантин), что при проектировании требует создания на них виражей при минимальных радиусах кривых.

Приведенные примеры устройства улиц и дорог на криволинейных участках подтверждают большое преимущество проектирования вертикальной планировки методом проектных (красных) горизонталей, исключающих необходимость проектирования трех продольных профилей (по оси и двум краям проезжей части) и большого числа рабочих поперечных профилей.

### *2.3. Вертикальная планировка улиц, перекрестков, площадей*

Проект вертикальной планировки улиц, дорог, перекрестков и площадей, выполненный совмещенным методом красных горизонталей и профилей, — основополагающий документ для их сооружения. Дополненный разработкой конструктивных элементов дорожных покрытий (одежд) и при комплексном проектировании с подземными сооружениями, он представляет рабочий проект, по которому осуществляется строительство.

**Требования к проектированию улиц и дорог.** Продольные и поперечные уклоны улиц, дорог и отдельных их элементов зависят от расчетных скоростей движения и устанавливаются в соответствии с категориями проектируемым улиц или дорог (табл. 6).

В местах взаимных пересечений улиц, на перекрестках и площадях в одном уровне рекомендуется, чтобы их предельные продольные уклоны не превышали 20–30 ‰ На мостовых переходах предельный продольный уклон не должен превышать 30 ‰. В случаях пересечения улиц в одном уровне с железнодорожными путями на протяжении 10 м в каждую сторону от линии железной дороги продольный профиль должен быть безуклонным, а при переездах в выемке — на протяжении не менее 20 м.

При проектировании продольного профиля улиц и дорог различной классификации в местах изменения уклонов возникают углы, образующие выпуклые и вогнутые переломы продольного профиля. Для обеспечения плавности хода движущихся автомобилей, а также видимости водителями возникших препятствий на расстоянии, обеспечивающем торможение и остановку автомобиля, участки переломных уклонов в продольном профиле сопрягают между собой

**Таблица 6. Значения предельно допустимых уклонов**

| Категории улиц и дорог | Расчетные скорости движения, км/ч | Наиболее допустимые продольные уклоны, ‰ |
|---|---|---|
| Скоростные дороги | 120 | 40 |
| Магистральные улицы и дороги общегородского значения: | | |
| непрерывного движения | 100 | 50 |
| регулируемого | 80 | 50 |
| районного значения | 80 | 60 |
| дороги грузового движения | 80 | 40 |
| Улицы и дороги местного значения: | | |
| жилые улицы | 60 | 80 |
| дороги промышленных коммунально-складских районов | 60 | 60 |
| Пешеходные улицы и дороги | — | 40 |

Примечания: 1. В горных условиях, а также в условиях реконструкции допускается увеличивать наибольшие продольные уклоны магистральных улиц общегородского значения и дорог грузового движения на 10 ‰ магистральных улиц районного значения и улиц и дорог местного значения на 20 ‰. 2. В климатических подрайонах 1А, 15, 1Г наибольшие продольные уклоны проезжей части магистральных улиц и дорог следует уменьшать на 10 ‰. 3. На отдельных участках пешеходных улиц протяженностью не более 300 м допускается принимать наибольшие продольные уклоны 60 ‰, а в горных условиях — 80 ‰. 4. Наименьшие продольные уклоны по лоткам проезжей части для асфальтобетонных и цементобетонных покрытий следует принимать не менее 4 ‰, для остальных покрытий — не менее 5 ‰. 5. На горизонтальных кривых малого радиуса (правые повороты на съездах и примыканиях, у перекрестков и перед площадями) наибольшие продольные уклоны следует уменьшать при радиусах 50 м на ‰ и на каждые дополнительные 5 м допускаемого уменьшения радиуса кривой еще на 5 ‰. 6. Применение наибольших продольных уклонов и наименьших радиусов кривых в плане допускается при обеспечении требований безопасности движения за счет разметки, дорожных знаков, ограждений и т.п. 7. Расстояние видимости в плане, поперечные уклоны проезжей части и виражей следует принимать в соответствии с требованиями СНиПа по проектированию автомобильных дорог.

криволинейными вставками — выпуклыми и вогнутыми вертикальными кривыми (рис. 8).

Учитывая, что выпуклые кривые, кроме обеспечения плавности движения автомобилей, должны также обеспечить видимость дороги, их радиусы всегда должны быть бóльшими, чем радиусы вогнутых кривых, предназначенных только для обеспечения плавности движения автомобилей.

Величины поперечных уклонов поверхностей проезжих частей улиц и дорог устанавливают в зависимости от типов дорожных покрытий и принимают в среднем для асфальтобетонных, цементно-бетонных покрытий из плит — 20 ‰, для мостовых, а также покрытий из щебня и гравия, обработанных вяжущими

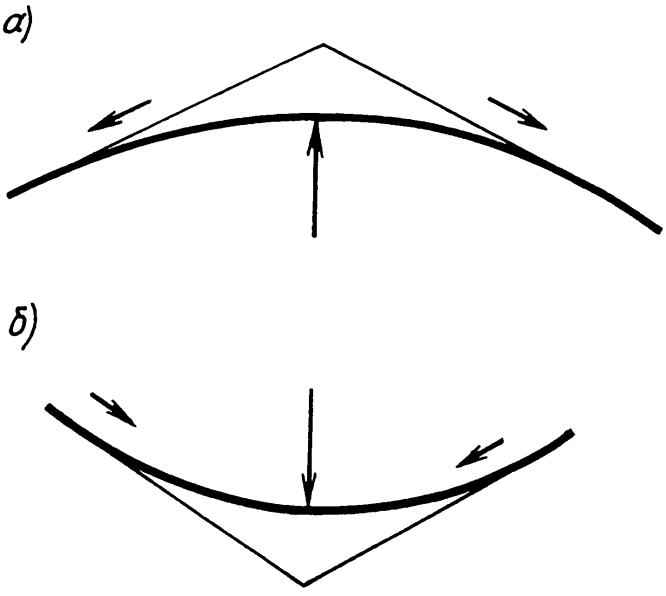



*Рис. 8. Выпуклые и вогнутые вертикальные кривые*
*а — выпуклая кривая; б — вогнутая кривая*

материалами, — 25 ‰ и для щебеночных и гравийных покрытий — 30 ‰. При значительных продольных уклонах (более 40 ‰) поперечные уклоны уменьшают на 5 ‰, а на площадях и автостоянках они не должны превышать 15 ‰.

Результирующие уклоны, в направлении которых происходит сток поверхностных вод к лоткам, определяют по формуле

$$i_р = \sqrt{i^2_{пр} + i^2_{поп}} \quad (5)$$

где $i_{пр}$ и $i_{поп}$ — продольный и поперечный уклоны.

Продольные уклоны тротуаров, как правило, не должны превышать 60 %. При уклонах более 60—80 % проектируют тротуары отдельными уложенными участками с их сопряжением между собой с помощью лестниц. Между отдельными лестничными маршами (с числом ступеней от 10 до 15) следует устраивать площадки протяжением не менее 1 м. Лестничные ступени должны иметь ширину не менее 38 см и высоту не более 12 см. Поперечные уклоны тротуаров принимают от 10 до 15—20 ‰. Продольные уклоны велосипедных дорожек не должны превышать 50 ‰, поперечные — 20—25 ‰. Поперечные уклоны газонов на улицах принимают от 5 до 50 ‰

Откосы устраивают с заложением от 1:1,5 до 1:2. *Заложением откоса* называют отношение его высоты к ширине, оно принимается в зависимости от плотности грунта. Чем более сыпучий грунт (пески, супеси), тем большим принимается заложение откоса, а чем плотнее грунт (глина, суглинки), тем меньше заложение откоса.

При прокладке трамвайных путей вдоль улицы их продольные уклоны соответствуют один другому. Но в случаях самостоятельной внеуличной прокладки трамвайных путей их продольные уклоны не должны превышать: при пропуске одиночных вагонов 90 ‰, двухвагонных составов 80 ‰ и трехвагонных 60 ‰. На подходах к пересечениям с автомобильными дорогами в одном уровне продольные уклоны путей не должны превышать 40 ‰, а на самих пересечениях — 25 ‰. Средний поперечный уклон покрытий в путях трамвая принимают 7 ‰.

**Проектирование улиц и дорог.** Вертикальную планировку улиц и дорог производят методом профилей или проектных горизонталей.

Продольные профили проектируют в основном по осям проезжих частей улиц и дорог. При построении проектного продольного профиля (нанесении проектной линии) руководствуются следующими условиями.

А. Создание обусловленных нормами продольных уклонов должно обеспечивать минимально возможный объем земляных работ по всей ширине улицы в пределах красных линий. Для этого, проектируя продольный профиль по оси улицы (дороги), следует одновременно учитывать, какое влияние он окажет на объем земляных работ по созданию проектируемого поперечного профиля улицы.

Переломные отметки продольного профиля устанавливают с таким расчетом, чтобы при сохранении типовых элементов поперечного профиля и их нормативных поперечных уклонов по возможности сохранились существующие отметки поверхности земли вдоль красных линий с тем, чтобы исключить необходимость в перепланировке рельефа прилегающих территорий. При ограниченных поперечных уклонах местности указанное условие может достигаться за счет изменения поперечных уклонов газонов (уменьшения их с подуклонной стороны и увеличения с нагорной). При значительных поперечных уклонах (улицы на косогорах) часто возникает необходимость проектирования отдельных элементов улиц в разных уровнях с сопряжением террасовых участков с помощью откосов или подпорных стенок.

Б. При местных неровностях рельефа продольные профили улиц и дорог надо проектировать *методом* секущих линий со срезкой отдельных выступающих участков и засыпкой срезанным грунтом пониженных мест (микропланировка рельефа).

В. При необходимости изменения продольных уклонов улиц и дорог про-

ектные линии продольных профилей также следует наносить в виде секущих линий по отношению к существующей поверхности, предусматривая наименьшие подсыпки и срезки грунта и возможное равенство объемов насыпей и выемок на соседних участках.

Г. Число переломных точек продольного профиля следует ограничить, стремясь к увеличению расстояния между ними, особенно на улицах и дорогах, предназначенных для движения автомобилей с повышенными скоростями.

Д. Наиболее пониженные места улиц следует располагать, как правило, на участках пересечений с другими улицами, в направлении которых может быть осуществлен отвод поверхностных вод, или же в других местах возможного водосброса. Если такое решение не представляется возможным, необходимо оборудование улиц подземной ливневой канализацией на всем их протяжении с размещением во всех пониженных местах водоприемных колодцев для обеспечения отводов поверхностных вод.

Е. При реконструкции существующих дорог и улиц необходимо максимально возможно сохранять капитальные сооружения, дорожные покрытия и другие элементы улиц.

Если дорожные покрытия находятся в хорошем состоянии, то рабочие отметки на отдельных участках могут быть нулевыми или с незначительным возвышением проектных линий. В этом случае исправление профиля производится за счет «наращивания» покрытий до перекрытий отметки путем укладки по их поверхности слоя асфальтобетона.

Ж. Конечные точки проектируемых продольных профилей должны иметь нулевые рабочие отметки, т.е. проектная линия должна сопрягаться с отметками существующей поверхности. Вследствие этого в ряде случаев границы проектных профилей необходимо выводить за пределы проектируемых участков на достаточное расстояние, требуемое для сопряжения с существующей поверхностью.

Положение проектной линии продольного профиля характеризуется проектными отметками, уклонами и длинами участков между точками перелома продольного профиля.

Окончательное оформление чертежа запроектированного продольного профиля требует установления на нем всех отметок с тем, чтобы на всех пикетах и переломных точках против каждой существующей (черной) отметки была зафиксирована проектная (красная) отметка, а против каждой красной отметки соответственно черная. Для этого промежуточные отметки определяются методом интерполяции.

Установление промежуточных отметок производится после того, как будет проверена правильность всех проектных отметок в переломных точках профиля. Правильность отметки соседней точки перелома профиля $H_z$ определяют по формуле

$$H_z = H_1 + Li, \qquad (6)$$

где $H_1$ — проектная отметка предыдущей точки перелома продольного профиля; $L$ и $i$ — соответственно длина и уклон участков между точками перелома продольного профиля.

При этом на участках подъемов дороги (в направлении пикетажа) уклоны $i$ принимаются со знаком «+», а на спусках — со знаком «—».

Проектные отметки на участках между точками перелома продольного профиля $H_x$ определяют по формуле

$$H_x = H_A \pm li, \qquad (7)$$

где $H_A$ — ближайшая точка перелома продольного профиля; $l$ — расстояние от нее до рассматриваемой точки; $i$ — проектный уклон профиля на рассматриваемом участке.

По этой же формуле может быть определена отметка любой точки профиля, если известна отметка соседней точки на участке одного уклона. Рабочие отметки (разности между красными и черными отметками) выписываются на участках насыпей — над проектной линией профиля и на участках выемок — под ней.

Положение точек с нулевыми рабочими отметками (при переходе от насыпей к выемкам и наоборот), где суще-

ствующая и проектная линии рельефа пересекаются, определяется по формуле

$$l = h_A L/h_A + h_B, \quad (8)$$

где $h_A$ и $h_B$ — рабочие отметки ближайших точек с двух сторон от нулевой: $L$ — расстояние между ними; $l$ — расстояние от нулевой точки до точки с отметкой В.

Продольные профили лотков, или кюветов, проектируют обычно с соблюдением тех же уклонов, что и по осям проезжих частей улиц.

При невозможности обеспечить минимально необходимый продольный уклон (4 ‰) для поверхностного стока, что встречается на поверхностях с небольшим уклоном (и, чаще всего, на набережных, где на определенных участках продольный уклон близок к горизонтальному), по лоткам вдоль проезжих частей улиц проектируется продольный профиль пилообразного типа.

Принцип проектирования пилообразного продольного профиля подробно излагается при описании вертикальной планировки территории в неблагоприятных природных условиях.

Поперечные профили улиц, дорог и проездов проектируют в соответствии с установленными элементами, входящими в их состав. Основные элементы городских улиц — проезжая часть, центральная разделительная полоса (разделяет движение транспорта по направлениям); полосы озеленения (газоны), тротуары, велодорожки, а также обочины и кюветы на загородных дорогах с открытой системой водоотвода.

Поперечный профиль, отображающий все его составные элементы, называется типовым **конструктивным**, а профили, устанавливающие высотные отметки всех его переломных точек, называют *рабочими* поперечными профилями.

Поперечные уклоны поверхностей проезжих частей улиц и дорог устанавливают в зависимости от типов дорожных покрытий и принимают в среднем для асфальтобетонных и цементно-бетонных покрытий из плит — 20 ‰; для мостовых, а также покрытий из щебня и гравия, отработанных вяжущими материалами, — 25 ‰; для щебеночных и гравийных покрытий —30 ‰. При значительных продольных уклонах (более 40 ‰) поперечные уклоны уменьшают на 5 ‰ На площадях и автостоянках уклоны не должны превышать 15 ‰.

Вертикальная планировка поперечных профилей должна быть полностью увязана с предварительно запроектированными отметками продольных профилей и выполнена с учетом рельефа прилегающих территорий, а также высотного расположения существующих опорных зданий и сооружений в условиях реконструкции.

Рабочие поперечные профили проектируют по пикетам, расположенным перпендикулярно оси улицы или дороги на расстоянии 20 м друг от друга (на дорогах, проходящих по незастроенным участкам территории и при спокойном рельефе — через 100 м), а также на пересечениях улиц или дорог и в характерных промежуточных точках между пикетами. На рис. 9 приведен пример проектирования типового и рабочего поперечных профилей на городской улице.

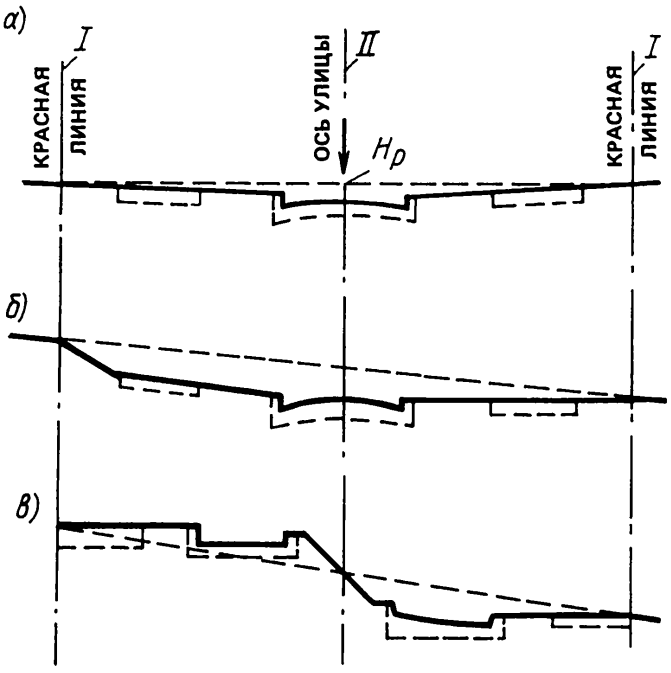



*Рис. 9. Примеры поперечных профилей улиц в различных условиях рельефа:*
***а** — на равнинном участке; **б, в** — на косогорном участке; Нр — руководящая отметка; **I** — красная линия; **II** — ось улицы*

При движении транспорта по проезжей части улицы, дороги в оба направления ей придают двухскатный поперечный профиль с уклонами в зависимости от типа дорожного покрытия. При производстве работ двухскатный поперечный профиль проезжей части практически приобретает параболическую форму. На участках проезжей части шириной не более 10,5—11,25 м, или третьей полосы движения, с односторонним движением транспорта проектируется односкатный поперечный профиль.

Тротуарам и газонам вдоль улиц придают односкатный поперечный уклон, направленный в сторону к проезжей части. Велосипедные дорожки проектируют обычно двухскатными.

Поверхность тротуаров, газонов и других элементов улиц, примыкающих к проезжей части, превышают по отношению к ней на 0,15 м с помощью бордюрного камня (борта). Благодаря этому создается лоток, по которому осуществляется сток поверхностных вод в систему водоотвода, а также колесоотбой, ограждающий наезд транспорта на другие элементы улицы.

Исключение представляет высотное разделение проезжей части от тротуара при устройстве искусственных инженерно-транспортных сооружений — тоннелей, мостов, эстакад и насыпей. Здесь для обеспечения безопасности движения транспорта высота борта должна быть увеличена. Так, в тоннелях высота борта составляет 0,25 м, а на мостах, эстакадах и насыпях — 0,4—0,45 м. Увеличенная высота борта служит как бы подпорной стенкой, ограждающей транспортное средство от падения вниз при его заносе, особенно в условиях гололеда.

**На перекрестках улиц** вертикальная планировка методом проектных профилей в значительной степени усложняется, так как возникает необходимость проектирования продольных профилей по осям и лоткам всех прилегающих к перекрестку улиц. Кроме того, появляется необходимость разработки дополнительных рабочих поперечных профилей в различных сечениях.

Следует также учесть, что перекрестки улиц (особенно магистральные) в зависимости от их транспортной значимости в целях улучшения организации движения и увеличения пропускной способности чаще всего целесообразно в горизонтальной планировке превращать в транспортные площади с достаточной для маневрирования транспорта территорией.

Проектирование вертикальной планировки на площадях методом профилей становится еще более трудоемким и, как указано выше, не отражает пластику рельефа всей территории и ее наглядность. Указанные обстоятельства убедительно свидетельствуют о целесообразности проектирования вертикальной планировки перекрестков в технико-рабочей стадии методом проектных красных горизонталей.

Решения вертикальной планировки пересечений улиц и дорог могут быть самыми различными в зависимости от конфигурации перекрестка, условий организации движения рельефа, а в отдельных случаях от наличия каких-нибудь сооружений у перекрестков, расположение и высотные отметки которых могут повлиять на проектные решения. Примеры вертикальной планировки простых перекрестков в зависимости от рельефа местности их расположения приведены на рис. 10.

Наилучшие условия для водоотвода достигаются при расположении перекрестков на водораздельных участках (1, 2). Однако встречаются такие случаи в городах относительно редко, так как улицы обычно проектируют по пониженным участкам территорий. Часто перекрестки располагают в тальвегах (3) или на односкатных участках территорий (4).

При расположении уличных перекрестков в тальвеге перепуск воды с вышележащей поверхности на нижележащую обычно осуществляют по образуемым на поверхности проезжей части мелким лоткам. Эти лотки проектируют с таким расчетом, чтобы создавались наименьшие помехи для движения транспорта и не затапливались места пешеходных перехо-

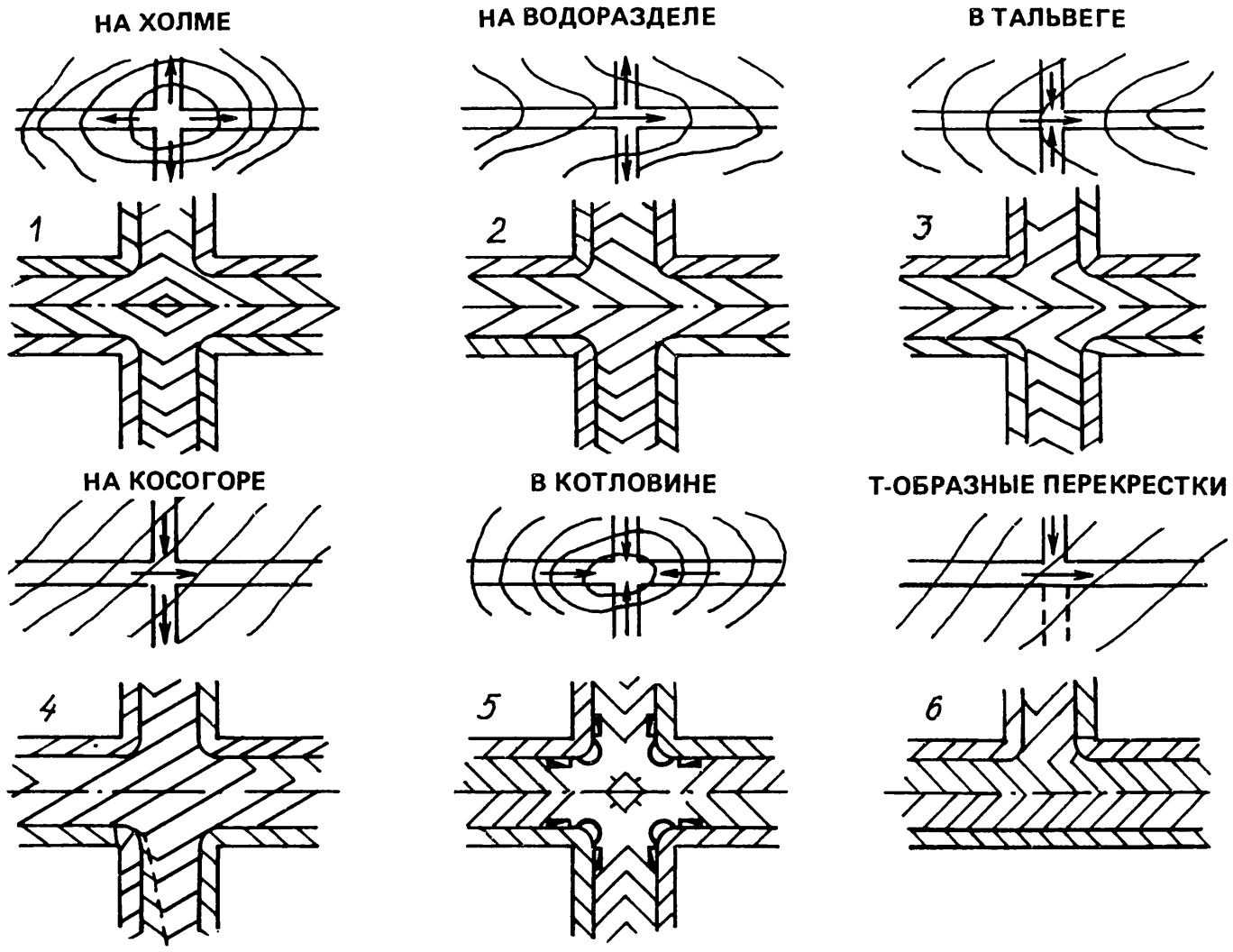



*Рис. 10. Примеры вертикальной планировки простых перекрестков в зависимости от рельефа: 1 — на холме; 2 — на водоразделе; 3 — в тальвеге; 4 — на косогоре; 5 — в котловине; 6 — Т-образные перекрестки*

дов. Для перехвата воды с верховых участков улиц перед пешеходными переходами устанавливают водоприемные колодцы подземной водосточной сети. При открытых водостоках под дорогами прокладывают перепускные трубы, соединяющие кюветы, расположенные в верховых и низовых участках территории. Поперечный профиль проезжей части улицы и дороги, проходящей в поперечном тальвегу направлении, при наличии подземных водостоков может не меняться, а сопряжение проезжих частей пересекающихся улиц в верховом участке перекрестка осуществляется так, как показано на рис. 10 (5).

При расположении перекрестка на косогоре (4) проезжую часть обычно оставляют односкатной с помощью устройства сбитого гребня от оси проезжей части на перегоне. При пересечении же основной улицы с второстепенной вдоль основной улицы желательно сохранить по ней на перекрестке двускатный профиль с устройством вдоль нее лотка (4а).

Изменение двускатных профилей улиц на односкатные и наоборот осуществляется плавно, путем смещения гребня двускатного профиля (2—4) или путем вращения плоскости поверхности одной стороны проезжей части по отношению к ее оси до совмещения с плоскостью второго ее ската (4а сверху). Длину участка перехода от односкатного к двускатному профилю или наоборот (1) определяют из расчета плавного подъема линии лотка с уклоном 10 ‰ (независимо от общего продольного уклона). При ширине двускатной проезжей части 15 м и поперечном уклоне 20 ‰ эта длина

$$l = 7{,}5 \cdot 0{,}02 \cdot 2 \,/ 0{,}01 = 30 \text{ м}.$$

Наиболее нежелательны случаи расположения перекрестков в котловинных участках (5). В этом случае образуется замкнутый контур, из которого водоотвод может быть осуществлен только с помощью закрытой водосточной сети. Однако и при наличии водостока такие перекрестки не обеспечены полностью от подтопления (сильные ливни или засорение водоприемных колодцев). Поэтому такого расположения перекрестков при проектировании дорожно-уличных сетей и вертикальной планировки территории следует по возможности избегать.

Уже отмечалось, что в городских условиях перекрестки магистральных улиц и дорог с одинаковой транспортной значимостью планировочно решают в виде площадей с организацией кольцевого центрального островка на оси пересечения улиц. На рис. 11 дан пример горизонтальной и вертикальной планировки перекрестка с центральным направляющим островком, вокруг которого организовано саморегулируемое кольцевое движение. Уширение участка для размещения островка с требуемым диаметром 60 м, а также кольцевого проезда вокруг него превращает, по существу, этот перекресток в транспортную площадь. Поэтому и этот, и последующие примеры характеризуют такие принципы проектирования площадей с перекрестно-кольцевым или саморегулируемым движением.

Первоначально намечают условия организации рельефа и обеспечения поверхностного стока. При этом определяют уклоны существующей поверхности в предусматриваемых направлениях поверхностного стока. Направления уклонов указывают на плане с помощью стрелок. Величину уклонов подсчитывают как отношение разности отметок поверхности в задаваемых конечных точках отдельных ее участков к расстоянию между этими точками, т.е. к длине этих участков.

Уклоны могут определяться по осям или лоткам проезжих частей. Если продольные уклоны соответствуют техническим требованиям, предъявляемым к участкам пересечений городских улиц или дорог, т.е. находятся в пределах от 5 до 30 ‰, то проектирование вертикальной планировки сводится к выравниванию рельефа с приданием его поверхности плавности, а также поперечных уклонов, обеспечивающих сток поверхностных вод в лотки проезжих частей. Если же существующие уклоны менее или более допустимых, осуществляют перепланировку рельефа со срезкой или подсыпкой отдельных ее участков.

Следует учитывать, что в городских условиях существенное изменение отметок улиц, перекрестков или площадей вызывает необходимость изменения также отметок поверхностей прилегающих территорий. Поэтому вертикальная планировка перекрестков должна осуществляться комплексно с вертикальной планировкой прилегающих микрорайонных участков.

Рассматриваемый на рис. 12 Т-образный перекресток с направляющим островком и регулируемым движением находится в неглубоком тальвеге; сток поверхностных вод намечается в направлении ГВ. Предусматривается, что проектируемый участок оборудуется водосточной сетью, и в пониженных точках поверхностные воды будут перехватываться решетками водоприемных колодцев. Тем не менее надо стремиться к обеспечению свободного стока воды с территории перекрестка или площади по поверхности с тем, чтобы не образовались замкнутые пространства, в которых может задерживаться грязь или которые в случае засорения ливневой канализации могут затапливаться дождевыми или талыми водами. Решение вертикальной планировки без поперечных лотков может обеспечить лучшее сопряжение проезжих частей для движения транспорта.

После того как установлены проектные отметки и уклоны, на план наносят проектные (красные) горизонтали. В первую очередь горизонтали наносят путем построения в устьях улиц, вливающихся в площадь или перекресток, а на поверхности перекрестков и площадей горизонтали проектируют путем прорисовки в соответствии с указаниями, приведенными ранее.

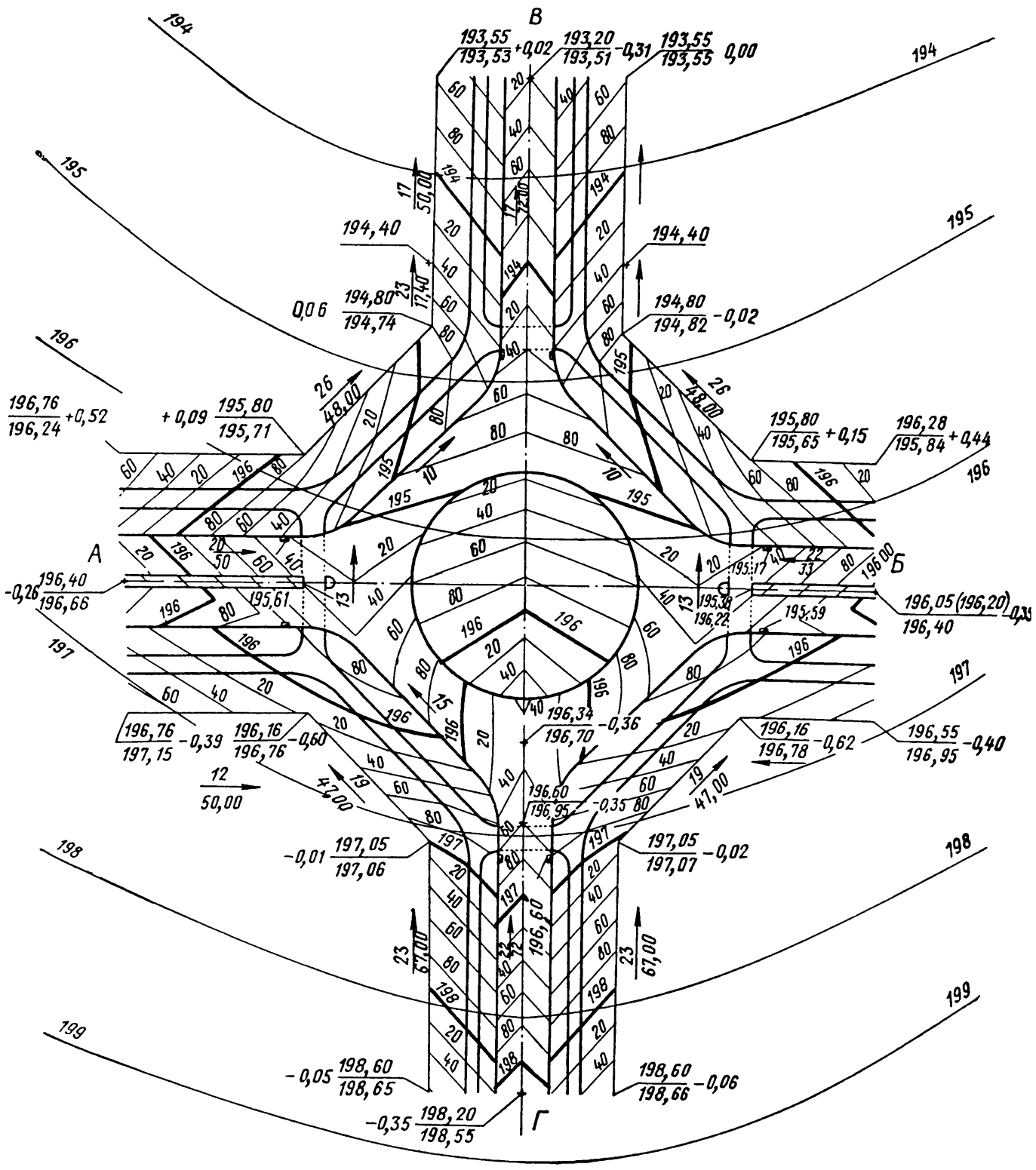



*Рис. 11. Пример горизонтальной и вертикальной планировки перекрестка с кольцевым островком*

Проектирование вертикальной планировки следует вести так, чтобы обеспечивались удобство и безопасность движения транспортных средств и пешеходов, осуществлялся беспрепятственный сток поверхностных вод, а также чтобы поверхность перекрестка удовлетворяла архитектурно-планировочным требованиям. Первые два условия достигаются обеспечением необходимых продольных и поперечных уклонов поверхности и плавным их изменением в местах сопряжений. Последнее же условие достигается при придании перекресткам (особенно в центральных их частях — между тротуарами) по возможности ровной по-

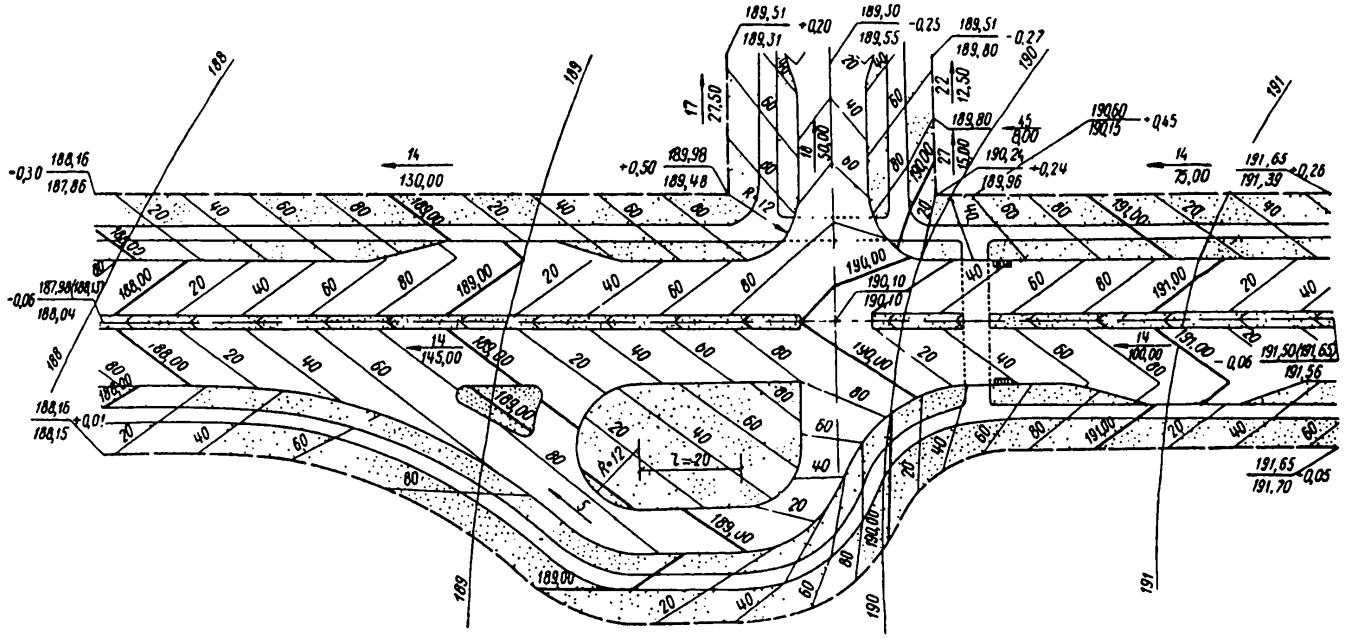


*Рис. 12. Пример вертикальной планировки примыкания одной улицы к другой (Т-образный перекресток)*

верхности, симметричной по отношению к оси одной или же осям обеих пересекающихся улиц или дорог (при расположении перекрестков на водоразделах или в тальвегах) или односкатной (при расположении перекрестков на косогорных участках). При соблюдении этих условий горизонтали образуют, как правило, на плане довольно симметричный рисунок и хорошую пластику рельефа.

Вдоль участков одного уклона горизонтали должны отстоять на одинаковом расстоянии друг от друга. В случае переменных уклонов поверхности в отдельных сечениях горизонталям придается веерообразное расположение. При этом горизонталям может придаваться криволинейное очертание, чтобы в местах примыкания их к бортам обеспечивался необходимый угол сопряжения с ними для создания водоотводящих лотков.

После построения горизонталей на проезжих частях наносят горизонтали на возвышающихся участках (тротуарах, направляющих островках) с учетом поднятия последних в среднем на 0,15 м над проезжими частями.

Проектирование вертикальной планировки улиц ведут в границах между их красными линиями, а в тех случаях, когда существующие и проектные отметки значительно отличаются друг от друга, — и на прилегающих участках, до сопряжения с существующей поверхностью их рельефа. На основании проектов вертикальной планировки устанавливают проектные отметки вдоль красных линий во всех точках их перелома в профиле или в плане.

При реконструкции улиц и площадей проектирование вертикальной планировки осуществляют с учетом опорных отметок отдельных зданий и сооружений. После составления проекта вертикальной планировки намечают размещение в плане водоприемных колодцев водостоков. Колодцы размещают так, чтобы их решетки перехватывали воду с вышележащих территорий и исключался выпуск ее на поверхность перекрестка, с обязательной расстановкой их до пешеходных переходов.

Пример проекта вертикальной планировки Y-образного перекрестка с саморегулируемым движением показан на рис. 13. Принцип вертикальной планировки указанного перекрестка сохраняется таким же, как и в примере для перекрестков с центральным островком (см. рис. 11).

**Городские площади** можно подразделить на общественные и транспортные. Общественные площади, как правило, являются центром общественной жизни

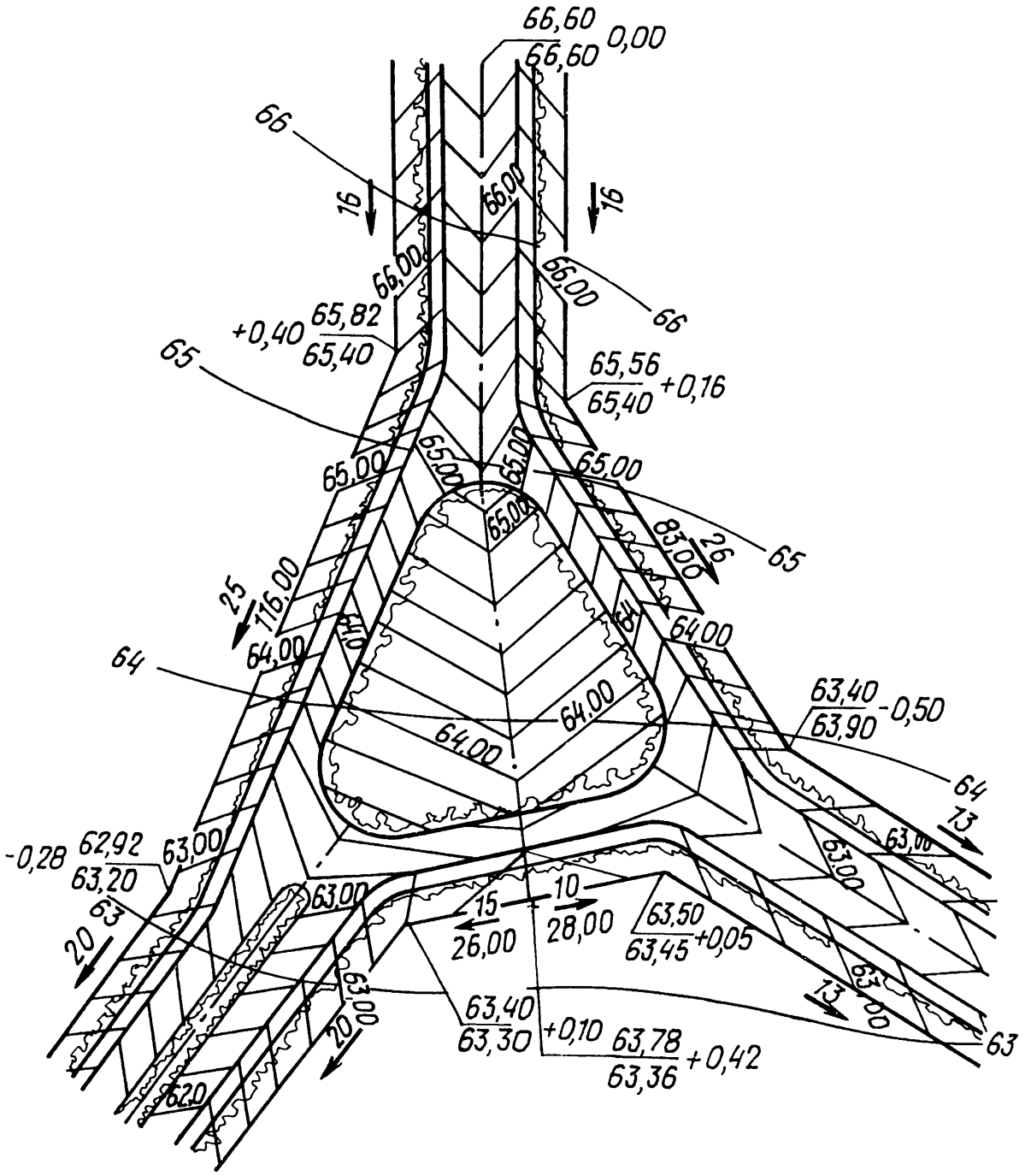



*Рис. 13. Пример вертикальной планировки У-образного примыкания одной улицы к другой*

населения города, где сосредоточиваются основные административные центры, зрелищные предприятия, торговые и прочие общественные здания.

Транспортные площади предназначаются для развязки движения сложных транспортных потоков. Соединение на одной площади общественных и транспортных функций нежелательно, хотя иногда оно возникает, например, на вокзальных, в предмостных и других местах. В этих случаях основное пространство площади общественного назначения, по возможности, должно быть освобождено от транспортных транзитных потоков.

Наиболее прогрессивный метод проектирования вертикальной планировки площадей, отображающий характер их поверхности в сочетании с архитектурно-планировочным, объемно-пространственным и художественным образом, — использование проектных (красных) горизонталей. Приемы проектирования доста-

точно подробно изложены в разделе о транспортных пересечениях.

Учитывая значительно большие территориальные размеры городских площадей и их различное назначение, особое внимание при проектировании следует обратить на уклоны поверхности, чтобы их превышение не повлияло на зрительное восприятие всей занимаемой площадью территории.

Вертикальная планировка площадей производится в соответствии с назначением их в системе города. Формы и размеры площадей определяются транспортными и пешеходными потоками, их направлением, пропускной способностью и количеством вливающихся в площадь улиц.

На форму поверхности площади влияют рельеф и высотное положение входящих в нее улиц, система водоотвода, а также архитектура застройки площади в целом. Особенно важно для поверхности площадей обеспечить видимость с одного тротуара на противоположный, что позволяет обеспечить зрительное восприятие площади как единого целого. Для соблюдения этого условия поверхность площади проектируется по сложной кривой со следующим чередованием поперечных уклонов; от лотка — 30 ‰, далее 20 ‰, ближе к оси 15 ‰ и непосредственно у оси — 10—5 ‰. Продольный уклон площади прямоугольной формы должен быть не более 10—15 ‰.

В зависимости от назначения и предусматриваемых условий движения в пределах площадей могут устраиваться сплошные дорожные покрытия (на площадях для демонстраций и парадов, массовых гуляний) или только на участках организованного движения транспорта и пешеходов с озеленением остальной территории. Отдельные участки зеленых насаждений могут быть использованы для организации движения на площади (островки безопасности, служащие для изоляции пешеходов от транспортного движения).

Площади проектируют преимущественно на относительно пологих участках местности. Продольные уклоны поверхности городских площадей не должны превышать 30 ‰, а автостоянок — не более 20 ‰. При отсутствии пологих участков для размещения городских площадей их создают путем перепланировки рельефа с возможным террасированием местности.

В зависимости от рельефа местности и условий водоотвода поверхностям площадей может быть придана различная форма. Наилучшая обозреваемость площадей достигается при односкатной или же при двух- и четырехскатной поверхности с пониженным расположением центральной ее части. Однако следует учитывать, что на односкатной площади вследствие большой водосборной территории в период интенсивных дождей происходит скопление значительного количества воды в низовых частях, а это затрудняет водоотвод и ухудшает условия движения. Проектирование односкатных площадей обычно осуществляется в городах с пересеченным рельефом. Часто на них проектируют устройство сквера, вокруг которого происходит движение транспорта.

Условия организации рельефа на территории площадей должны определяться в каждом конкретном случае с учетом местных природных факторов, архитектурно-планировочного решения, обеспечения беспрепятственного и быстрого стока и удаления поверхностных вод.

Двускатная поверхность чаще всего придается площадям прямоугольной вытянутой формы. При этом целесообразно расположение гребня такой площади предусматривать вдоль ее продольной оси. Форма поверхности площади и направление ее гребня должны быть согласованы с расположением доминирующей застройки. Создание в пределах одной площади нескольких гребней с образованием поперечных лотков нецелесообразно. Примеры различных поверхностей городских площадей приведены на рис. 14.

При сложном рельефе целесообразно размещать на площадях зеленые насаждения в виде островков, что улучшает вид площади и организацию движения на них, а также облегчает условия планировки рельефа и отвода поверхност-

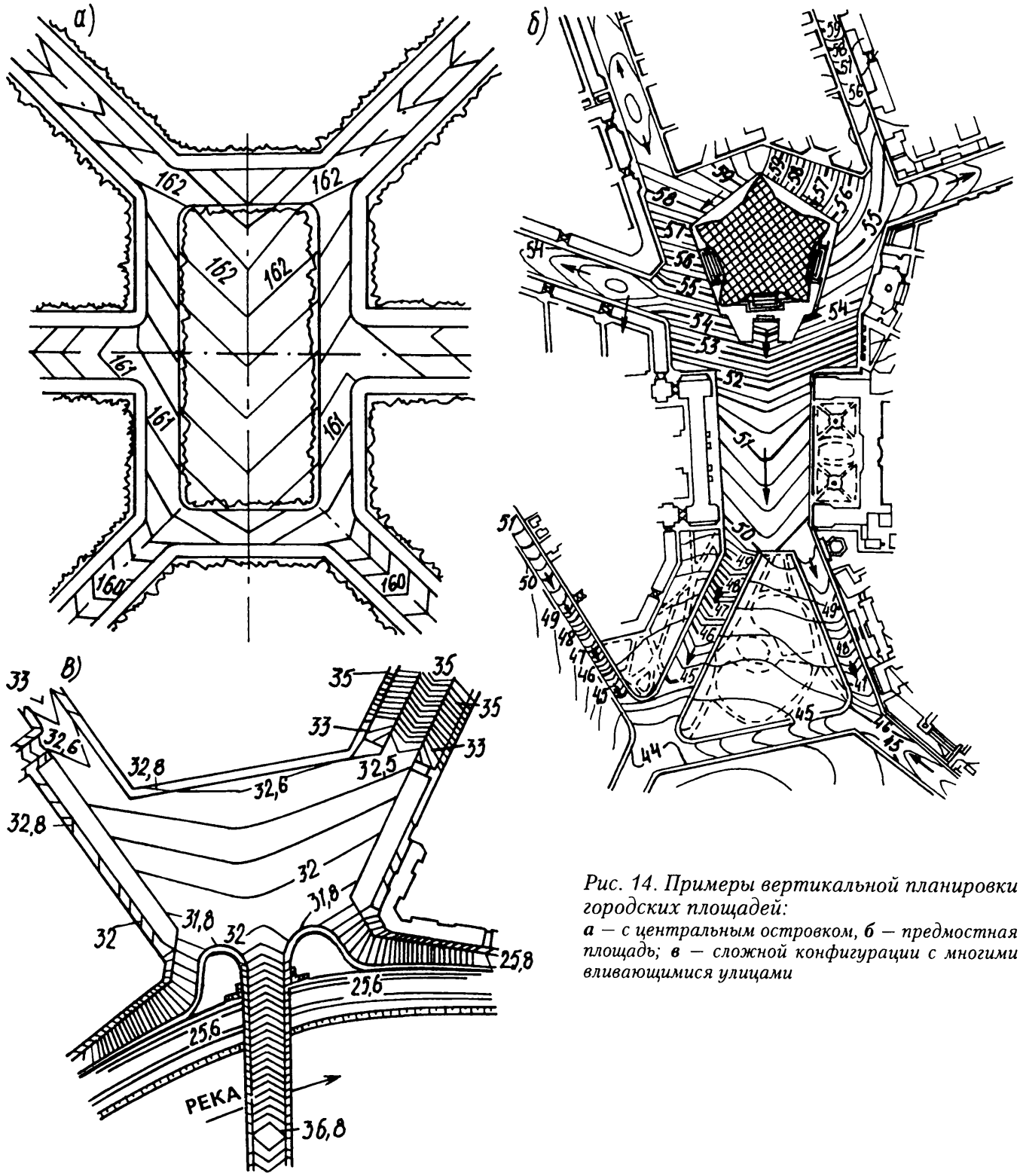



*Рис. 14. Примеры вертикальной планировки городских площадей:*
***а** — с центральным островком, **б** — предмостная площадь; **в** — сложной конфигурации с многими вливающимися улицами*

ных вод. Вертикальную планировку площадей с центрально расположенными направляющими островками проектируют в соответствии с примерами, приведенными на рис. 30—33. Вертикальная планировка площадей решается в увязке с их планировкой в плане, их застройкой, архитектурно-художественным оформлением и благоустройством (озеленение, дорожные покрытия, водоотвод и т.д.).

## *2.4. Вертикальная планировка транспортных развязок*

Основной фактор, снижающий пропускную способность проезжих частей улиц, — наличие на улицах пересечений в одном уровне. Фактором, определяющим пропускную способность того или иного транспортного направления, является пропускная способность его пересе-

чений, так называемых транспортных узлов. Поэтому на улицах с интенсивным движением транспорта, где перекрестки не обеспечивают пропуска всего транспортного потока, транспортные развязки устраивают на пересечении в разных уровнях.

**Транспортные пересечения в разных уровнях.** Такие развязки проектируются в первую очередь: а) на магистралях непрерывного движения транспорта и скоростных дорогах; б) на пересечениях, имеющих интенсивность движения более 4000—6000 приведенных автомобилей в часы максимального движения во всех направлениях; в) в случае, когда все возможные другие мероприятия по повышению пропускной способности не обеспечивают пропуска потоков транспорта; г) при строительстве мостов через реки и путепроводов через железнодорожные пути с устройством дополнительных отверстий под ними для пропуска транспорта. Транспортные развязки в разных уровнях — инженерное сооружение, обеспечивающее в местах пересечения улиц и в узловых пунктах прокладку проезжих частей в различных плоскостях. Разнообразность местных условий в городах и прежде всего характер рельефа предопределяют большую разновидность применения, проектирования и устройства транспортных пересечений в разных уровнях. В практике проектирования и строительства применяются пересечения в двух, трех и, редко, четырех уровнях. Исходя из топографических условий конструкции инженерных сооружений на транспортных пересечениях подразделяются на: путепроводы тоннельного типа с подпорными стенками или земляными откосами на подходах (пандусах) к ним; путепроводы эстакадного типа с пандусами, расположенными на железобетонных опорах либо на грунтовом полотне (насыпи) с откосами; полутоннели и полуэстакады (полувыемки, полунасыпи); сочетание тоннелей и эстакад (при проектировании транспортных пересечений в трех и более уровнях).

Полутоннели и полуэстакады проектируют в целях сокращения глубины заложения тоннеля и высоты насыпи, а также длины пандусов, которые в отдельных случаях из-за недостаточной ширины улицы могут быть размещены только в пределах площади транспортного узла. Такой тип пересечения часто приходится применять во избежание перекладки крупного подземного трубопровода.

Основополагающей в проектировании вертикальной планировки транспортных пересечений в разных уровнях является их конфигурация по очертанию в плане, которая может быть разнообразна в зависимости от характера движения транспорта на узле пересечения, в том числе клеверообразные, кольцевые.

**Проектирование вертикальной планировки развязок.** Решение проектов вертикальной планировки транспортных развязок в разных уровнях наиболее рационально выполнять совмещенным методом — разработкой продольного профиля по оси путепровода с привязкой его к отметкам входящих осей улиц и методом проектных (красных) горизонталей поверхности всей площади в целом.

Кроме продольных профилей по осям пересекающихся улиц и дорог составляют профили по ответвлениям от них и поворотным кольцам (для движения левоповоротных направлений), чтобы обеспечивались взаимное высотное сочетание всех сопрягающихся элементов в пределах пересечения и увязка с вертикальной планировкой прилегающих территорий. Вместе с продольными должны составляться поперечные профили, отражающие отметки и поперечные уклоны проезжих частей на прямолинейных и криволинейных участках пересечения. Последнее относится к проектированию вертикальной планировки методом профилей и, как отмечалось, более трудоемко и менее выразительно.

Наиболее детальное и наглядное решение может быть достигнуто при проектировании вертикальной планировки методом проектных горизонталей. Этот метод исключает необходимость проектирования дополнительных профилей, кроме продольных по осям проезжих частей пересекаемых улиц. Принцип про-

ектирования пересечений в разных уровнях в проектных горизонталях тот же, что и в проектировании отдельных прямолинейных и криволинейных участков улиц и дорог, а также перекрестков. Наиболее сложны для проектирования в проектных горизонталях участки расположения вертикальных кривых с непрерывно изменяющимися продольными уклонами, а следовательно — расстояниями между горизонталями и их наклонами к оси дороги.

### *2.5. Вертикальная планировка территории жилых микрорайонов, зеленых насаждений и промышленных предприятий*

Современное градостроительное проектирование основано на принципе планировки и застройки микрорайонов (жилых комплексов), охватывающих большую часть территории селитебного района, обеспечивающую комплексное размещение жилых зданий и зданий всех видов повседневного обслуживания проживающего населения.

В отличие от застройки территории мелкими образованиями в виде кварталов при проектировании микрорайонов удается обеспечить свободное размещение всех зданий и более живописное архитектурно-планировочное решение застраиваемой территории. При этом обеспечивается возможность большей изоляции жилых домов от улиц и дорог с большой транспортной нагрузкой, а в том числе сокращение шумового воздействия, улучшение условий отдыха населения на прилегающей к домам территории, а также отказа от сплошной периметральной застройки и сооружения угловых домов.

Кроме того, отказ от периметральной застройки при свободной планировке территории микрорайона дает возможность сократить работы по вертикальной планировке, производя изменение существующего рельефа лишь на участках расположения зданий, проездов и других сооружений.

Большая часть территории микрорайона, используемая для размещения зеленых насаждений, сохраняется в естественном рельефе с частичным изменением его лишь в отдельных случаях. Важнейший принцип вертикальной планировки территории микрорайона — максимально возможное сохранение естественного рельефа.

**Территории микрорайонов.** Основополагающим для решения проектов вертикальной планировки территорий микрорайонов следует считать: правильное высотное размещение проездов, тротуаров и пешеходных дорожек, обеспечивающих удобное и безопасное движение по ним; обеспечение поверхностного стока воды с территории по лоткам микрорайонных проездов в закрытую водосточную сеть городских улиц; рациональную привязку зданий к рельефу; сокращение транспортировки избыточного грунта (из котлованов под фундаменты зданий и прокладка подземных сооружений); выразительность архитектурно-планировочного решения.

Исходные материалы для разработки проектов вертикальной планировки микрорайонных территорий: проект планировки и застройки микрорайона в пределах окружающих его красных линий (генплан), проектные отметки на красных линиях, полученные в результате детальной разработки вертикальной планировки улиц, транспортных развязок и площадей, места размещения водоприемных колодцев и, конечно, рельеф территории микрорайона — все эти материалы являются частью строительного паспорта — исходного документа для всех видов градостроительного проектирования. Генеральный план и проект вертикальной планировки выполняют, как правило, в масштабе 1:2000.

При проектировании вертикальной планировки микрорайонных территорий сток дождевых и талых вод предусматривают по лоткам внутренних проездов в направлении прилегающих улиц с размещением перед тротуарами водоприемных колодцев для спуска поверхностных вод в закрытую водосточную сеть. Поэтому проектирование вертикальной планировки микрорайона следует начи-

нать с решения внутренних проездов, которые при ширине проезжей части до 5,5—6 м рекомендуется принимать с односкатным поперечным профилем. При расположении микрорайонных территорий на пониженных по отношению к улицам участках, а также при больших размерах эти территории должны оборудоваться внутренней сетью закрытых водостоков с размещением водоприемных колодцев вдоль лотков внутриквартальных проездов, пешеходных дорожек, а также на отдельных пониженных участках. При расположении микрорайонных территорий на пониженных участках по отношению к лоткам проезжих частей прилегающих улиц, в частности на косогорных участках, должны приниматься решения, исключающие возможность попадания поверхностных вод с улиц на микрорайонные территории. Для этого примыкающие к улицам микрорайонные проезды приподнимают по отношению к лоткам улиц путем установки въездных бортов, пониженных до 0,05 м, а проездам на протяжении 20—25 м придают уклон (10—20 ‰ в сторону улиц).

Тротуары также возвышают над проезжими частями улиц (на 15 см) и придают им поперечный уклон в сторону проезжих частей. В местах примыкания микрорайонных проездов к улицам продольные уклоны проездов не должны превышать 20—30 ‰.

При проектировании микрорайонных территорий оптимальные решения могут быть достигнуты только в результате комплексного решения горизонтальной и вертикальной планировки, а также благоустройства этих территорий. Малопригодные для застройки участки территории могут отводиться под озеленение. На больших по площади участках устраивают внутримикрорайонные сады или же сады и парки общего пользования.

На участках со сложным рельефом иногда предусматривают террасирование поверхности с сопряжением отдельных террасных участков с помощью откосов или подпорных стенок и устройством лестничных сходов для пешеходов.

Микрорайонные проезды и тротуары проектируют с учетом удобства и безопасности движения по ним и обеспечения отвода поверхностных вод. Уклоны проездов и тротуаров должны быть в пределах, допустимых по приведенным ранее нормативам. При больших уклонах местности уменьшение продольных уклонов внутри квартальных проездов может достигаться путем соответствующего их трассирования или же устройства выемок и насыпей.

Вертикальная планировка зеленых насаждений зависит от характера озелененных пространств или отдельных их элементов. Если на территории микрорайона расположены существующие озелененные площади с деревьями ценных пород, они по генеральному плану должны оставаться нетронутыми и использоваться в качестве микрорайонного сада. В этом случае сложившийся природный рельеф должен быть полностью сохранен. При необходимости устройства на этой территории пешеходных дорожек и игровых площадок с искусственным покрытием их горизонтальная и вертикальная планировка должна быть выполнена с минимальным изменением существующего рельефа и с максимальным сохранением деревьев. В этих целях используются геодезические планы, на которых указаны отметки отдельно растущих деревьев.

Такой же принцип должен быть применен к территории, расположенной в непосредственной близости к строящимся зданиям — каждое дерево должно быть максимально возможно сохранено как при горизонтальной, так и при вертикальной планировке.

При проектировании в целях благоустройства вертикальная планировка новых озелененных участков территории должна быть выполнена с учетом привязки рельефа к отметкам внутриквартальных проездов, тротуаров и пешеходных дорожек с созданием уклонов в направлении к ним для обеспечения стока поверхностных вод по лоткам вдоль них. Величина уклонов озелененных пространств должна быть минимально до-

пустимой — 5 ‰, учитывая, что определенная часть дождевых и талых вод всасывается в землю, а избыточная поверхностная вода должна отводиться в водосток, чтобы исключить заболачивание площади озеленения.

Что же касается вертикальной планировки полос озеленения и бульваров, расположенных вдоль городских улиц, дорог и проездов, то их продольные уклоны должны соответствовать принятым на этих сооружениях. В необходимых случаях полосы озеленения улиц могут быть использованы в качестве откосов в условиях неблагоприятного рельефа при размещении улиц и дорог. При этом заложение откоса должно быть не менее 1:2. В условиях необходимости увеличения крутизны откоса до 1:1 требуется (по нормативам) искусственное дернование откосов с устройством бетонных лотков, исключающих размыв грунта.

**Привязка зданий и площадок.** Исходный материал для высотной привязки зданий и площадок — проект вертикальной планировки микрорайона. Однако выполненный в масштабе 1:2000, этот проект дает возможность установления лишь предварительных отметок углов здания и уровня пола первого этажа (рис. 15). Здесь предусматривается постановка здания на площадке в уровне, превышающем отметки красной линии, исходя из поперечного уклона прилегающей к зданию территории в сторону улицы или проезда в размере 20 ‰, а отметки пола первого этажа должны быть не выше 1,2 м от самой низкой отметки угла здания, но не менее 0,5 м по санитарным требованиям.

Уклоны поверхности, примыкающей непосредственно к зданиям и площадкам, должны проектироваться в противоположную от них сторону к лоткам проездов с обязательным устройством вокруг каждого здания бетонной или асфальтовой отмостки шириной не менее 0,5 м. Таким образом, при удалении проезда от здания, например на 6 м, отметка отмостки должна быть выше отметки лотка проезда не менее чем на 0,32 м исходя из расчета высоты борта проезда 0,15 м и поперечного уклона тротуара не менее 10 ‰.

Значительное внимание следует уделять постановке зданий на рельефе. Кроме архитектурно-планировочного и композиционного решения должны обеспечиваться удобства подхода и подъезда к зданиям, а также водоотвод от них.

Расположение зданий длинной стороной поперек горизонталей приводит к созданию цокольных этажей, при этом условия вертикальной планировки значительно усложняются, приходится создавать террасированные площадки с устройством откосов. На рис. 16 показано, как размещение зданий поперек уклона приводит к необходимости террасирования рельефа, к усложнению подъезда к зданию и приданию проездам и тротуарам предельно допустимых уклонов, что создает существенное неудобство подъезда транспорта непосредственно к входам в дома, а пешеходам преодолевать лестничные подъемы и спуски.

В современном строительстве применяются типовые здания, а жилые дома бывают различной протяженности — от односекционных (башенного типа) до многосекционных.

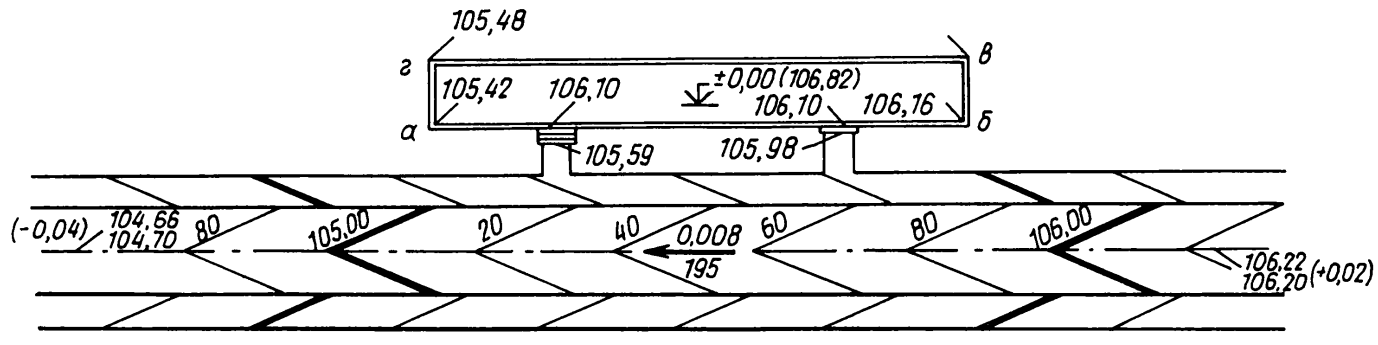



*Рис. 15. Схема высотной привязки здания*

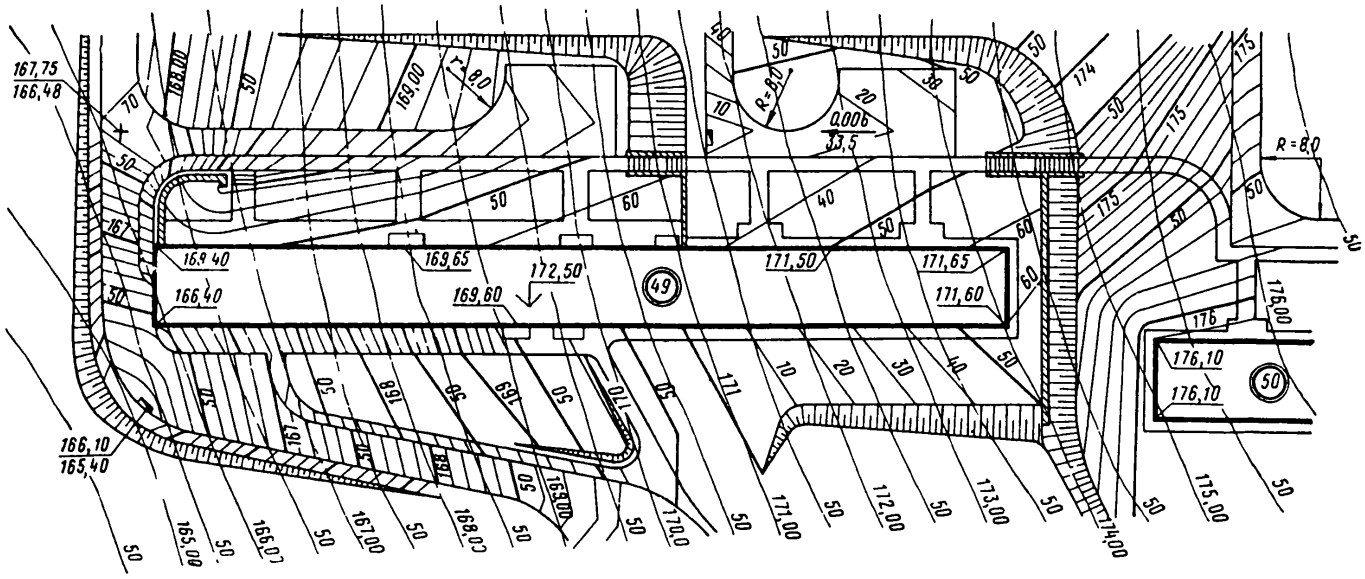



*Рис. 16. Вертикальная планировка при посадке здания поперек уклона*

Возможность застройки территории домами различной секционности целиком и полностью зависит от характера рельефа и уклонов его поверхности. Принято считать, что перепад высоты цоколя здания по его длине, или превышение отметки пола первого этажа над отметкой отмостки, не должен превышать 1,2 м. При бóльшем значении этого показателя потребуется вносить дополнения в конструктивную часть инженерного решения проекта, что в свою очередь вызывает повышение затрат, иногда значительное, на проектные и строительные работы. В табл. 7 приведена классификация уклонов территорий жилых районов и микрорайонов.

Таким образом, в зависимости от уклона можно располагать на данном участке здания определенной протяженности. В зависимости от максимально допустимого уклона можно определить протяженность зданий, которые используются без изменения типового проекта.

**Таблица 7. Классификация уклонов территорий жилых районов и микрорайонов**

| Характер уклона | Величина уклона | Обоснование пределов |
|---|---|---|
| Очень малый | Меньше 0,005 | Дома можно располагать в любом направлении с полным сохранением типовых конструкций. При уклонах менее 0,005 большие земляные работы, вызываемые обеспечением поверхностного водоотвода |
| Малый | 0,005—0,025 | Дома длиной до 100 м можно располагать в любом направлении с затратами на изменение типовых конструкций до 1 % стоимости жилой площади |
| Средний | 0,025—0,05 | С учетом затрат на изменение типовых решений до 1%, при уклоне 0,05 дома длиной 50 м можно располагать в любом направлении, 100 м |
| Относительно большой | 0,05—0,1 | С учетом затрат на изменение типовых решений до 1 % при уклоне 0,1 дома длиной 50 м можно располагать до $\gamma = 28°$, 100 м — до $\gamma = 14°$ |
| Большой | 0,1—0,2 | Территории с уклонами свыше 0,1 неблагоприятны для застройки |
| Очень большой | Свыше 0,2 | Территории с уклонами свыше 0,2 особо неблагоприятны для застройки (за исключением горных местностей) |

На территории микрорайона располагаются площадки различного назначения, и их вертикальная планировка осуществляется в зависимости от предъявляемых к ним требований. Для спортивных площадок (теннисные корты, баскетбольные, волейбольные и др.) требуется относительно ровная поверхность и вместе с тем необходимо придать и поверхности минимальный уклон (5—4 ‰) для стока поверхностных вод. Поэтому они должны размещаться на территориях со спокойным рельефом. В случае невозможности изыскания таких площадей минимальные уклоны достигаются террасированием с созданием вокруг них откосов или подпорных стенок.

При проектировании на микрорайонных территориях различных площадок, газонов и других благоустроенных участков им придают уклоны, обеспечивающие беспрепятственный сток дождевых и талых вод в водоотводящие устройства на территории микрорайонов или прилегающих к ним улиц. Площади различного назначения на территориях микрорайона проектируют с равной формой поверхности. Хозяйственные или детские площадки устраивают в большинстве случаев одно- или двухскатными с уклонами от 5 до 30 ‰. Спортивные площадки обычно устраивают с двухскатной поверхностью (реже четырехскатной) с продольным и поперечным уклонами 4—5 ‰. Учитывая малую величину уклонов, поверхность спортивных площадок следует подвергать особенно тщательной планировке и предусматривать возвышение площадок над прилегающей территорией на 0,5 м или более для обеспечения стока поверхностных вод и быстрого высыхания площадок после дождя.

**Вертикальная планировка территорий промпредприятий.** Под строительство промышленных предприятий должны отводиться пологие участки территорий. Современные промышленные предприятия требуют сооружения крупных корпусов площадью до нескольких тысяч квадратных метров. При этом предусматривается укрупнение и кооперирование предприятий с соединением в одном промышленном районе ряда производств, связанных общим технологическим процессом и использующих конвейерные линии. При выборе площадки под промышленные предприятия необходимо разработать варианты с технико-экономическими обоснованиями и в результате их сопоставления принять оптимальное решение. Необходимо учитывать производственно-технологические требования предприятий и размещение промышленных и жилых районов в населенном пункте, транспортное обслуживание населения этих районов, получение и доставку сырья на предприятия и реализацию готовой продукции. Следует также учитывать условия энерго- и водоснабжения, канализования, климат, уровень паводковых и грунтовых вод и рельеф территории, который для промышленных предприятий, особенно крупных, имеет важное значение. Условия технологических процессов в ряде случаев требуют проектирования корпусов, в которых полы в отдельных помещениях должны размещаться на одинаковых высотных отметках или с небольшой разницей между ними. В связи с этим размещение промышленных предприятий на участках со значительными уклонами связано с перепланировкой территории и выполнением большого объема земляных работ.

При проектировании генеральных планов промышленных предприятий необходимо предусматривать организацию наиболее рационального, экономичного технологического процесса, правильное использование производственных площадей с возможно бóльшим блокированием отдельных зданий или размещением части оборудования на открытых площадках. Необходимо предусматривать транспортные связи предприятий с внешними железнодорожными, автодорожными и водными магистралями, а также сеть внутризаводских автомобильных дорог, а в отдельных случаях и железнодорожных путей. При значительных территориях, занимаемых отдельными предприятиями, входящими в промышленный комплекс, проектируют сквозные

проезды для обеспечения транспортных связей каждого предприятия с селитебной территорией города. Естественно, что такого рода требования к размещению промышленных предприятий придают особое значение выбору решения рельефа, территории.

В градостроительном проектировании часто бывает крайне сложно подобрать территории со спокойным рельефом, особенно большой площади для крупных промышленных предприятий с комплексным технологическим процессом производства. В этих условиях проектирование вертикальной планировки приобретает очень важное значение. Поэтому вертикальную планировку такого рода строительных площадок проектируют с использованием на первом этапе метода схемы вертикальной планировки, затем метода продольных профилей по главным транспортным коммуникациям и сопоставления различных вариантов.

Оптимальным вариантом является тот, который обеспечивает рациональное размещение на промплощадке зданий, сооружений, транспортных путей и подземных сооружений при наименьшем объеме земляных работ и по возможности с нулевым балансом (насыпи равны выемкам). Такой вариант более всего соответствует разработке вертикальной планировки в проектных горизонталях.

Вертикальную планировку территорий промышленных предприятий производят с учетом взаимного высотного расположения зданий и сооружений и в соответствии с требованиями технологического процесса этих предприятий, а также в привязке к имеющимся опорным точкам (отметки существующих зданий, железнодорожных путей и т.д.).

При относительно спокойном рельефе с уклоном до 20 ‰ высотное размещение зданий и сооружений производится в уровне поверхности земли, при уклонах до 50 ‰ можно использовать терасирование участков с сопряжением их с рельефом откосами, а в стесненных условиях — подпорными стенками. Терасирование участков отдельно стоящих зданий и сооружений обеспечивает максимальное приближение проектной поверхности к существующему рельефу.

Вместе с тем на промплощадках с сильно пересеченным рельефом, с большим числом сооружений и транспортных коммуникаций часто приходится идти на полное изменение естественного рельефа с выравниванием его за счет производства больших объемов земляных работ.

При терасированном размещении зданий и сооружений транспортная связь их с проездами, расположенными в уровне существующего рельефа, осуществляется по пандусам для въезда и спуска с продольным уклоном не более 60 ‰ исходя из пропуска по ним тяжелогрузных автомобилей, авто- и электрокаров.

Проектирование вертикальной планировки дорог промышленных предприятий, проходящих вдоль цеховых зданий, заезд в которые можно осуществлять с различных сторон, необходимо производить в увязке с отметками полов первого этажа этих зданий. Это требует проектирования дорог с минимальными продольными уклонами. В ряде случаев дороги проектируют безуклонными, придавая уклоны лишь лоткам проезжих частей с созданием пилообразного профиля вдоль них. На территориях предприятий тупиковые железнодорожные подъездные пути (ветки) проектируют в продольном профиле горизонтальными или с уклонами до 2,5 ‰ Это обеспечивает отстой состава для погрузки и выгрузки с выключенными тормозами вагонов. Горизонтальными устраивают участки путей вдоль складов или пакгаузов, когда уровни платформ и пола склада должны совпадать с уровнем пола подходящих железнодорожных вагонов.

Указанные требования усложняют вертикальную планировку территорий предприятий и отвод с нее поверхностных вод. В целях обеспечения поверхностного стока с территорий, уклоны которых менее 5 ‰, необходимо тщательное планирование ее поверхности и оборудование площадки развитой сетью водоприемных и водоотводящих устройств. Промышленные площадки обычно обо-

рудуют закрытой водосточной сетью. Как временное решение может быть осуществлено устройство открытого водоотвода (с кюветами).

На завершающем этапе проекты вертикальной планировки выполняют методом проектных горизонталей. При малых продольных уклонах лотков и кюветов для обеспечения водоотвода иногда дополнительно проектируют пилообразные продольные профили.

**Вертикальная планировка территорий в неблагоприятных природных условиях.** Освоение территории со сложным рельефом может осуществляться в условиях его сохранения с небольшими изменениями или радикальной перепланировкой поверхности. Последнее решение связано с большими расходами, особенно при наличии трудноразрабатываемых грунтов; поэтому оно должно обосновываться технико-экономическими расчетами.

Коренные изменения рельефа в большинстве случаев не вызываются необходимостью. Иногда целесообразна срезка лишь отдельных возвышенностей или засыпка оврагов и котловин. Практика показывает, что при правильной планировке территорий, постановке зданий, проложении внутриквартальных дорог и тротуаров, размещении зеленых насаждений возможно освоение самых сложных территорий без существенных изменений рельефа.

На рис. 17 и 18 приведены примеры планировки микрорайонных участков на сложном рельефе с незначительной перепланировкой, при этом полностью сохранены природные условия и сокращены до минимума расходы, связанные с реконструктивными мероприятиями. Условия размещения зданий зависят от их типа, планировки проездов, пешеходных дорожек или тротуаров, размещения спортивных, хозяйственных и других площадок, ориентации зданий по странам света и прочих факторов. Наименьшие затраты по перепланировке рельефа достигаются при постановке большинства зданий длинной стороной под небольшим углом по отношении к горизонталям. Так как такое решение не всегда осуществимо, то участки со сложным рельефом целесообразно застраивать зданиями небольшого протяжения со свободной ориентацией по отношению к странам света, что дает возможность размещать их в плане применительно к различному рельефу.

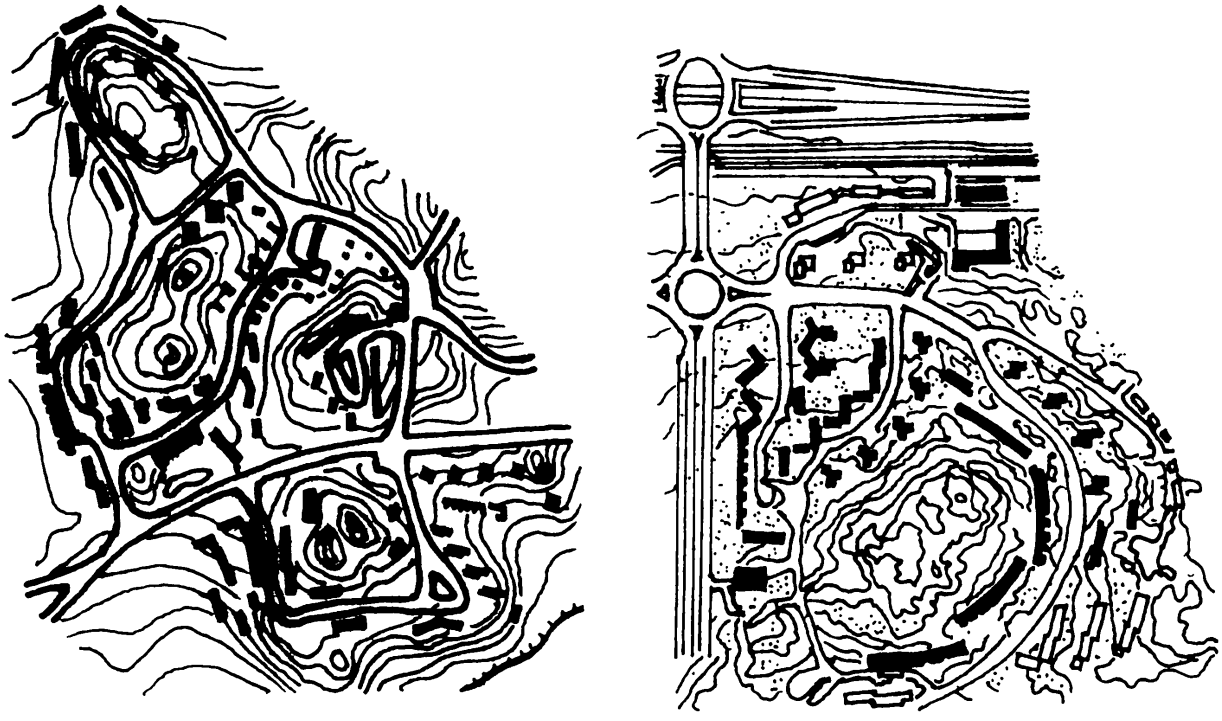


*Рис. 17. Примеры размещения застройки на сложном рельефе*

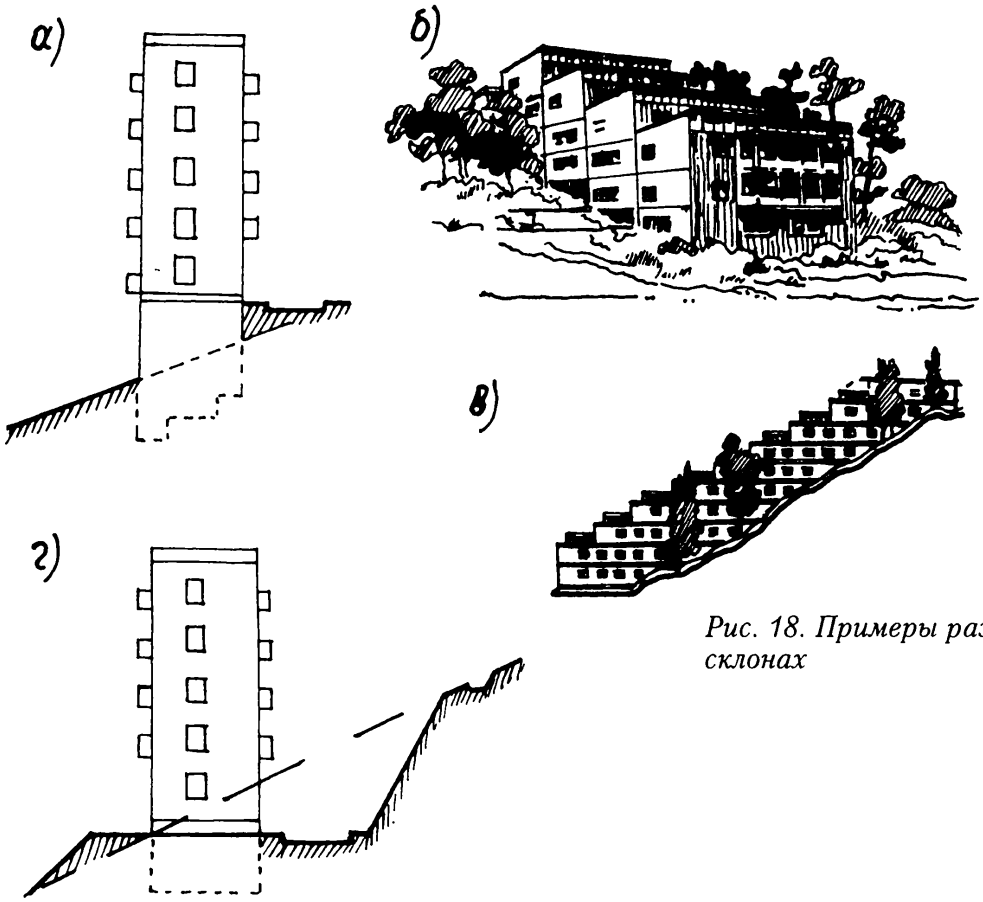



*Рис. 18. Примеры размещения зданий на больших склонах*

Здания, имеющие цокольные этажи и особенно значительную протяженность, целесообразно размещать под таким углом к горизонталям, чтобы величина перепада рельефа на протяжении участков здания с одинаковыми отметками пола первого этажа не превысила 1—1,5 м, а продольный уклон располагаемых вдоль здания тротуаров не превышал 40—50 ‰. Применение типовых зданий, предназначенных в основном для условий равнинной местности, возможно при уклонах не более 10 ‰. Если уклоны выше указанных, то полностью исключается застройка типовыми зданиями и предусматриваются здания, предназначенные для условий сложного рельефа, или здания, которые могут быть приспособлены к этим условиям.

На пересеченном рельефе рекомендуется применение односекционных зданий башенного типа, а также зданий на столбах. При применении зданий на столбах можно сохранить одинаковые отметки пола первого этажа при расположении этих зданий вдоль участков со значительным продольным уклоном, а также обеспечить проход или проезд под этими зданиями. Размещение подобных зданий в направлении горизонталей позволяет использовать пространства под ними для стоянки автомобилей и для других целей.

На крутых склонах здания можно размещать с террасированием или без террасирования территорий (см. рис. 18). Террасированию сопутствуют большие объемы земляных работ и значительные затраты, особенно при скальных грунтах, однако этот вариант позволяет размещать на террасах различные виды типовых зданий и создает благоприятные условия для устройства проездов, тротуаров, размещения автомобильных стоянок и т.д. Односекционные дома башенного типа возможны в условиях сложного рельефа как при террасном, так и при бестеррасном приемах застройки. При размещении многосекционных зданий на крутых склонах целесообразно смещение отдельных их секций по вертикали или применение домов ступенчатого типа.

Планировка внутримикрорайонных проездов должна обеспечить удобство

подъезда ко всем зданиям, а также безопасность движения. Пешеходные дорожки и тротуары проектируют с учетом обеспечения удобства и безопасности пешеходного движения внутри микрорайона, а также подхода к ближайшим улицам и остановкам общественного транспорта. Если уклоны дорожек и тротуаров превышают допустимые (60—80 %), то должны быть устроены лестничные сходы.

Отдельные террасные участки сопрягают между собой путем устройства откосов или подпорных стенок. Откосы засевают травой или одерновывают, что обеспечивает их укрепление и создает декоративное оформление. В целях исключения размыва вдоль откосов с нагорной стороны устраивают лотки для приема поверхностных вод и отвода их в водосточную сеть. Поэтому на участках с незначительными уклонами или на горизонтальных участках (например, на набережных) пилообразный профиль проектируют только вдоль водоотводящих лотков, а продольный уклон по оси проезжей части сохраняют равным существующему уклону местности или даже горизонтальным. При этом поверхности проезжей части придают переменные поперечные уклоны на площади шириной до 1—1,5 м, приближенной к лоткам проезжей части, где транспорт движется на малых скоростях у остановок.

Создание пилообразного продольного профиля по лоткам улиц и проездов достигается за счет изменения высоты борта, причем наименьшая его высота устанавливается на гребне-участках с незначительными уклонами или на водоразделе продольного профиля лотка, а наибольшая в месте сбора поверхностных вод, где устраивается водоприемный колодец. Таким образом, такой метод требует устройства закрытой сети водостоков, что необходимо по санитарным соображениям предусматривать во всех населенных местах.

На рис. 19 представлены продольный профиль по лотку и план с проектными горизонталями на проезжей части улицы с пилообразным профилем. В пониженных местах лотков предусмотрена установка водоприемных решеток. При минимальном возвышении бортов над лотками проезжей части на водораздельных участках, равном 8 см, максимальном (у водоприемных решеток), равном 20 см, а при продольном уклоне лотков, равном 4 ‰, расстояние между водоприемными колодцами может быть определено следующим расчетом:

$$L = 2l = 2(h_2 - h_1)/0{,}004 =$$
$$= 2(0{,}2 - 0{,}08)/0{,}004 = 60 \text{ м},$$

где $l$ — расстояние между переломными точками продольного профиля по лотку $h_1$

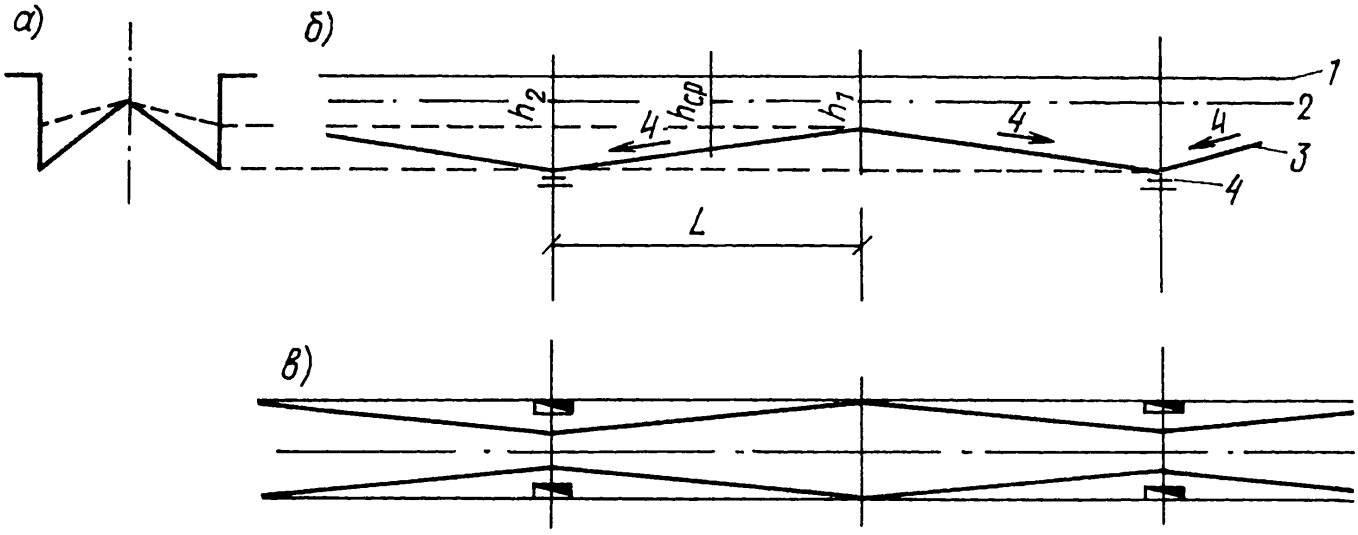



*Рис. 19. Вертикальная планировка проезжей части с пилообразным продольным профилем по лоткам: **а** — поперечный профиль; **б** — продольный профиль; **в** — план с горизонталями; **1** — поверхность борта (горизонтальная); **2** — уровень оси проезжей части; **3** — профиль по лотку; **4** — водоприемные колодцы (решетки)*

и $h_2$ — соответственно наименьшая и наибольшая высота борта; 0,004 — минимально допустимый уклон в десятичном исчислении 4 ‰.

Приведенный расчет показывает, что при проектировании вертикальной планировки с пилообразным профилем значительно сокращается свободный пробег воды по лоткам проезжей части. Его незначительное увеличение может быть достигнуто за счет увеличения разности высоты бортов.

К категории сложных для проектирования вертикальной планировки относятся также территории, подлежащие реконструкции при наличии на них опорных (существующих) объектов, расположение которых в плане и по высоте ограничивает, а иногда предопределяет планировочное решение.

При проектировании вертикальной планировки необходимо учитывать как отметки у отдельных зданий и сооружений, которые следует по возможности сохранять (отметки мостов, тоннелей, входов в здания), так и отметки, изменить которые можно лишь в допустимых пределах. Так, высотные отметки поверхностей над некоторыми подземными сооружениями, если глубина этих сооружений является минимально допустимой, могут быть только повышены. Отметки тротуаров вдоль зданий при наличии оконных приямков подвальных и полуподвальных помещений повышать не следует, но возможно некоторое их понижение в зависимости от типов и глубины заложения фундаментов зданий.

Если выполнить вышеуказанные условия невозможно, то приходится прибегать к сложным планировочным решениям или реконструктивным мероприятиям, а именно: освобождений подвальных помещений, переустройству входов в здания, встраиванию внутренних лестниц, перекладке подземных сетей и т.д. Ввиду значительной стоимости проведения этих мероприятий следует по возможности их избегать и найти такое решение горизонтальной и вертикальной планировки, при котором все опорные сооружения были бы сохранены. В ряде случаев прибегают к террасированию территории с устройством откосов, подпорных стенок и лестниц.

### *2.6. Подсчет объемов земляных работ*

Подсчет объемов земляных работ производят для определения их стоимости, выбора методов и средств производства работ, а также установления количества потребного для планировочных работ грунта или же его излишков.

При нехватке или избытке грунта в первую очередь должны учитываться ближайшие строительные объекты, где можно его получить или использовать избыток грунта для подсыпки территории. Только при отсутствии необходимых грунтов вблизи строящегося объекта или несоответствия грунта строительным требованиям грунт следует получать из карьеров, а излишки грунтов отвозить на свалку.

Как указывалось, наибольшей составляющей стоимости земляных работ являются транспортные расходы. Поэтому одна из основных задач проекта вертикальной планировки — определение объема земляных работ. В связи с этим вертикальная планировка должна вестись с учетом минимальных перемещений земляных масс, чтобы объемы насыпей и выемок на отдельных объектах балансировались и земляные работы производились с применением землеройно-транспортных машин (бульдозеров, автогрейдеров и скреперов) без перегрузочных работ. При этом должны учитываться объемы грунта, извлекаемого из-под фундаментов зданий, корыта проезжих частей, тротуаров и т.д.

Результаты подсчетов объемов земляных работ служат, в частности, материалом для экономической оценки вариантов решений, предложенных в проектах вертикальной планировки. Объем земляных работ также предопределяет выбор способа организации работ по вертикальной планировке и ее очередность. Объемы земляных работ очень влияют на очередность застройки и благоустройство отдельных районов города.

Еще до составления проектов вертикальной планировки необходимо обсле-

довать возможные для подсыпки участки, места понижения рельефа, участки, предназначенные для устройства парков и скверов, овраги, места бывших свалок, набережные и т.п.

Объемы земляных работ подсчитывают различными способами: по продольным и поперечным профилям, по красным горизонталям и квадратам, по горизонталям и др. При всех способах подсчета определяют геометрический объем земляного массива для естественного залегающего грунта при определенной его пористости (пустоты между частицами грунта).

## Глава 3. Организация поверхностного стока

Территории населенных мест, площадки отдельных сооружений испытывают влияние атмосферных осадков, формирующих поверхностный сток. Организация такого стока, систематизированный отвод его от зданий, сооружений за пределы населенных мест в целом наряду с вертикальной планировкой представляет одну из наиболее важных задач инженерной подготовки территории.

Атмосферные осадки — результат испарения воды с поверхностей водных пространств и земли, конденсации водяных паров в атмосфере и выпадения на воду и землю в виде дождей, ливней, снега, града, росы и инея. Постоянное испарение воды с земной поверхности происходит под воздействием солнечной радиации. Наибольшее количество влаги на земном шаре (около 90 %) испаряется с поверхностей океанов и морей, остальное — с поверхности суши. Встречая холодные потоки воздуха, водяные пары конденсируются и выпадают на поверхность океанов или суши в виде капель или кристаллов льда.

Осадки, выпавшие на поверхность суши, частично испаряются, часть их просачивается в грунт, а остальная образует поверхностный сток. Поверхностные воды стекают согласно рельефу местности в естественные логи, природные тальвеги, поступая в ручьи, речки и большие реки, которые несут этот сток снова с моря и океаны. Количество воды, участвующей во всех этих процессах, огромно.

Ежегодные испарения с поверхности земли определяются огромной цифрой — более 0,5 млн/км$^3$ воды. При этом пары атмосферы над планетой обновляются в среднем 1 раз в 10 суток, вода в реках сменяется каждые 12 дней, в озерах — каждые 10 лет. Самыми долговечными «копилками влаги» являются ледники, где водообмен происходит за 8,5 тысячелетия.

Происходит также круговорот воды Мирового океана. Даже на дне наиболее глубоких впадин (Марианская, Филиппинская и др.) моря и океаны непрерывно «омолаживаются». Воды Мирового океана полностью сменяются каждые 3000 лет.

При перемещении влаги в неполном замкнутом цикле (океан — атмосфера — океан) происходит так называемый малый круговорот воды, а при полном замкнутом цикле (океан — атмосфера — суша — океан) — полный круговорот воды в природе (рис. 20).

Общее количество осадков, выпадающих на земную поверхность в течение года, изменяется в широких пределах. Наибольшее количество выпавших на земном шаре осадков отмечено в Черрапунджи (Индия); среднее многолетнее количество за год составило здесь 11013 мм, максимальное за год — 24326 мм (1947 г.). В странах СНГ максимальное количество осадков в год выпадает на восточном побережье Черного моря в районах Батуми и Ленкорани — 2402 мм и в горах Алтая. Районы, в которых все количество выпавших осадков испаряется, вследствие чего отсутствует сток, называются бессточными (область, прилегающая к Каспийскому морю, пустыня Сахара и др.) или районами с отрицательным водным балансом.

На территории Российской Федерации в целом водный баланс положителен, т.е. среднее годовое количество осадков превышает среднегодовое количество ис-

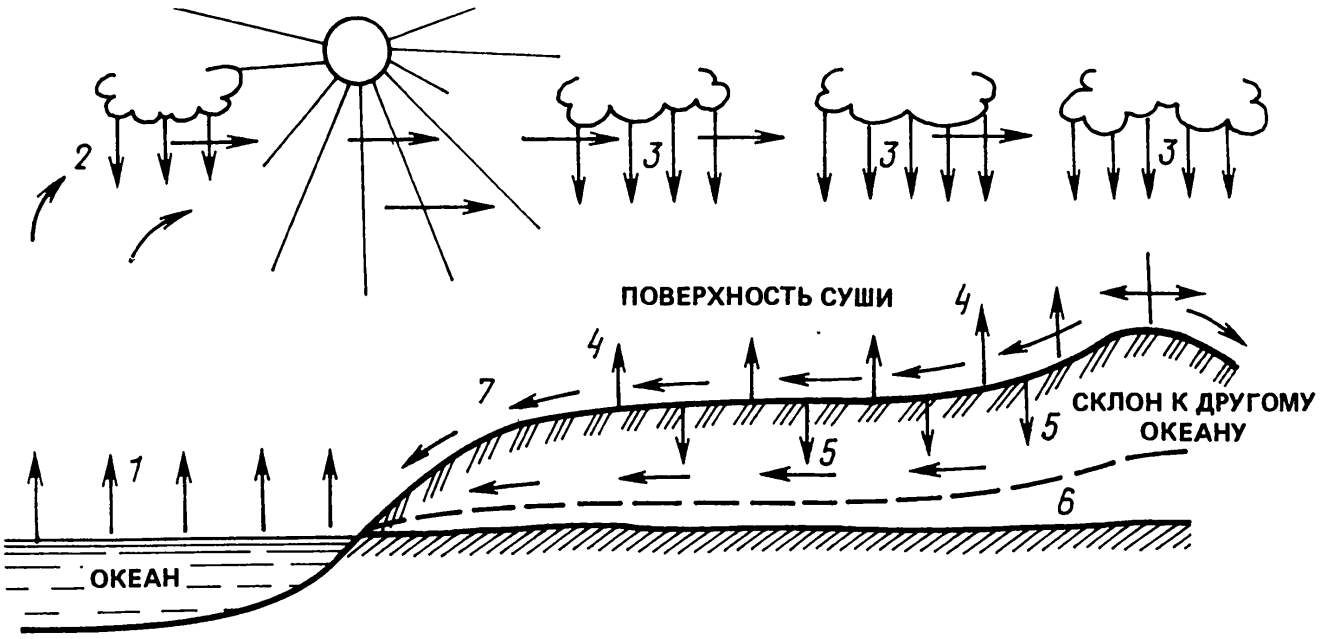



*Рис. 20. Схема круговорота воды в природе:*
*1 — испарение с поверхности океана; 2 — осадки, выпадающие в океан; 3 — осадки, выпадающие на сушу; 4 — испарения с поверхности суши; 5 — инфильтрация; 6 — подземный сток; 7 — речной сток в океан*

парения. Это подтверждается наличием в стране развитой сети больших и малых рек и их притоков. Исключение составляют отдельные засушливые районы.

В центральной части европейской территории России среднегодовое количество осадков постепенно убывает с запада на восток. У западных границ Российской Федерации среднегодовая норма осадков достигает 650—700 мм в год, постепенно уменьшаясь в восточном направлении до 500—400 мм в год. На западных склонах Уральского хребта среднегодовая норма осадков снова увеличивается до 600—700 мм в год. На Дальнем Востоке уменьшение количества осадков идет от побережья Тихого океана до восточных склонов Уральских гор. В Москве среднегодовое количество осадков составляет 560 мм в год.

При малых осадках поверхностный сток не образуется и наименьшее количество воды, создающее сток, соответствует слою более 2 мм. В центральных районах европейской части России число дней с осадками более 2 мм составляет около 70 в год. Ливневыми осадками считаются дожди, создающие сток воды более 0,5 мм в минуту на протяжении 10 минут и 0,3 мм в минуту на протяжении 20 минут.

Поверхностный сток образуется дождями, ливнями и талыми водами при таянии снежного покрова. Каждое населенное место характеризуется определенными климатическими условиями, одним из которых являются атмосферные осадки.

### *3.1. Формирование поверхностного стока*

**Роль атмосферных осадков в формировании поверхностного стока.** Количество выпавших осадков измеряется в линейных и объемных единицах. В гидрометеорологии используются линейные единицы измерения — среднегодовое и среднемесячное количество выпавших осадков, измеряемое в миллиметрах и характерное для данного климатического района, а также интенсивность отдельных дождей. В технических расчетах приняты объемные единицы измерения. Характеристики дождей фиксируют самопишущими приборами (дождемерами), которые отмечают высоту слоя осадков, выпавших за определенный промежуток времени. Основные параметры, характеризующие дожди в конкретных климатических условиях города, — интенсивность, продолжительность и повторяемость дождей.

**Интенсивность** дождя представляет собой количество осадков, выпавших в

единицу времени. Средняя интенсивность дождя в линейных единицах определяется как частное от деления величины слоя выпавшего дождя h на время его выпадения $t$:

$i = h/t$ мм/млн.

Объемная единица измерения количества выпавших осадков определяется в литрах за секунду (л/с) на 1 га. Перевод одной единицы измерений в другую производится по следующей зависимости: $q = ki$, где $k = 166{,}7$ — переводной объемный коэффициент, т.е. объем осадков, л/с, выпавших на площадь 1 га при дожде интенсивностью $i$ мм/млн.

**Продолжительность** дождей определяется в минутах по наблюдениям с помощью автоматических самозаписывающих приборов. Строгой закономерности в выпадении дождей не наблюдается. Установлена лишь некоторая обратная пропорциональная зависимость между интенсивностью и продолжительностью дождей — более продолжительные дожди имеют меньшую интенсивность.

**Повторяемость** дождя представляет собой вероятность его выпадения, т.е. вероятность повторения такого дождя за определенный период наблюдений, выраженный в годах. Обычно при расчетах водосточных сетей вероятность повторения интенсивностей дождей данной продолжительности принимается равной 1, 3, 5, 10 годам, а иногда и более.

Не все осадки, выпавшие на поверхность земли, образуют поверхностный сток, т.е. стекают по поверхности. Часть из них испаряется, а часть просачивается в грунт. Поверхностный сток формируется в зависимости от рельефа местности. Вода стекает по склонам в пониженные места, направляясь к главному тальвегу (наиболее пониженному участку) бассейна, который имеет выход в более значительные по размерам тальвеги, ручьи и речки. Расход (объем в единицу времени) стока зависит от размеров водосборной площади бассейна и характера использования его территории. Границы водосборного бассейна проходят по водоразделам и определяются в соответствии с рельефом по топографическим планам. Они ограничивают водосборную площадь данного бассейна, имеющего свой главный тальвег. В пределах водосборной площади формируются как дождевой поверхностный сток, так и сток весеннего снеготаяния. Например, площадь водосбора Москвы-реки составляет 17 640 км$^2$, а все реки и речки Подмосковья можно отнести к четырем бассейнам: Верхней Волги, Москвы-реки, Клязьмы и Оки. Для рек, впадающих непосредственно в Волгу, водораздел проходит по Клинско-Дмитровской возвышенности.

В естественных условиях основными направлениями отвода поверхностного стока являются тальвеги. В процессе застройки и благоустройства территории естественная система водоотвода нарушается или исчезает. Вместо нее необходимо создавать искусственную или организованную систему водоотвода, как правило, закрытого типа.

В планировке и застройке городской территории встречаются разнообразные ситуации в формировании поверхностного стока, которые можно свести к трем основным случаям.

*Случай первый.* Водосборная площадь бассейна полностью застроена. В этом случае загрязненный поверхностный сток с городской территории не может быть использован для питания открытых водотоков и водоемов. Вместо упраздняемой естественной системы водоотвода устраивается закрытая водосточная сеть (ливневая канализация), обеспечивающая отвод поверхностного стока с городской территории (улиц, проездов, территорий жилых микрорайонов и пр.).

Поверхностный сток из закрытой сети дождевой канализации поступает в береговой коллектор или канал, отводящий его за пределы городской территории, ниже по течению реки в систему технических водоемов — отстойников, из которых осветленный сток сбрасывается в реку (рис. 21).

*Случай второй.* Поверхностный сток формируется в пределах большого по площади водосборного бассейна. Низовая часть бассейна застроена, а верховая

часть остается в естественных условиях. В этом случае по условиям формирования поверхностного стока общую водосборную площадь бассейна можно разделить на две частные площади *I* и *II* (рис. 22). В пределах водосборной площади *II* он формируется на застроенной городской территории подобному тому, как это было в первом случае.

Таким образом, сток, сформировавшийся в пределах водосборной площади *I*, пойдет по естественному тальвегу бассейна до границы городской застройки. Далее, через городскую территорию его пропускают по водосточному коллектору до места сброса в проточный водосток. Исходя из этого сечение городского коллектора в низовой части должно быть рассчитано на пропуск суммарного расхода, т.е. расхода, поступающего с водосборной площади *I*, и расхода, формируемого в пределах застроенной территории *II*.

Для уменьшения размеров городского коллектора целесообразно у границы городской застройки, в тальвеге бассейна, устраивать регулирующую емкость — водоем. Этот искусственный водоем помимо своего основного назначения — аккумуляций поверхностного стока, сформированного в естественных условиях, — может использоваться и для иных целей (катание на лодках, спортивная ловля рыбы и пр.). Объем, площадь поверхности водоема, отметки зеркала воды и бровки откоса берега определяются исходя из условий использования водоема в качестве регулирующей емкости.

*Случай третий.* Городская застройка размещена на значительном удалении от реки (рис. 23). Между границей городской застройки и берегом реки территория остается в естественном состоянии. Подобные условия возникают, когда пойменная часть реки малопригодна для городского строительства: затапливается паводковыми водами, заболочена или заторфована и т.д.

В этом случае организация и отвод поверхностного стока с застроенной территории осуществляется закрытой водосточной сетью. Сток собранных ливневых или талых вод от оголовка городского коллектора до места сброса пропускается по комбинированной системе водоотвода, которая состоит из открытого канала и трубы водостока. Следует иметь в виду, что протяженность этого участка может быть значительно большей, чем длина городского коллектора.

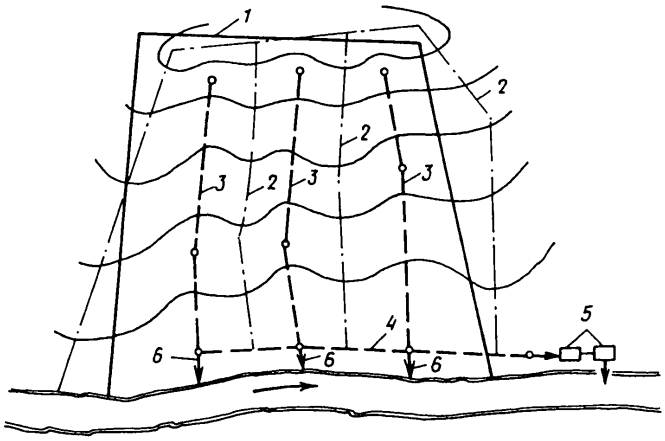



*Рис. 21. Схема организации поверхностного стока в пределах застроенной территории:*
***1** – граница города; **2** – граница главного бассейна; **3** – главный коллектор бассейна; **4** – береговой канал; **5** – технические пруды-отстойники; **6** – аварийные водосбросы*

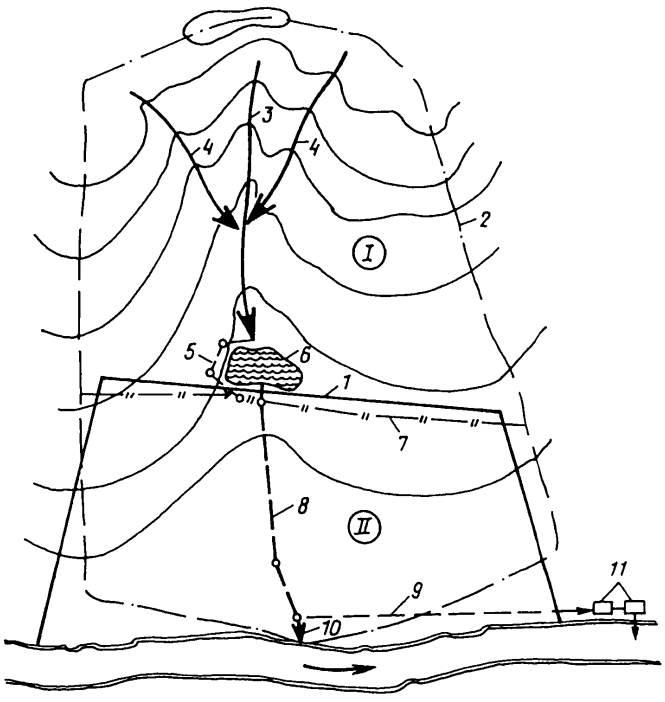



*Рис. 22. Схема организации поверхностного стока при застроенной низовой части бассейна:*
***I** – незастраиваемая площадь бассейна; **II** – застраиваемая площадь бассейна; **1** – граница города; **2** – граница главного бассейна; **3** – главный тальвег бассейна; **4** – приток; **5** –обводной водосток; **6** – регулирующая емкость; **7** – граница частного бассейна; **8** – главный коллектор бассейна; **9** – береговой коллектор; **10** – аварийный водосброс; **11** – технические пруды-отстойники*

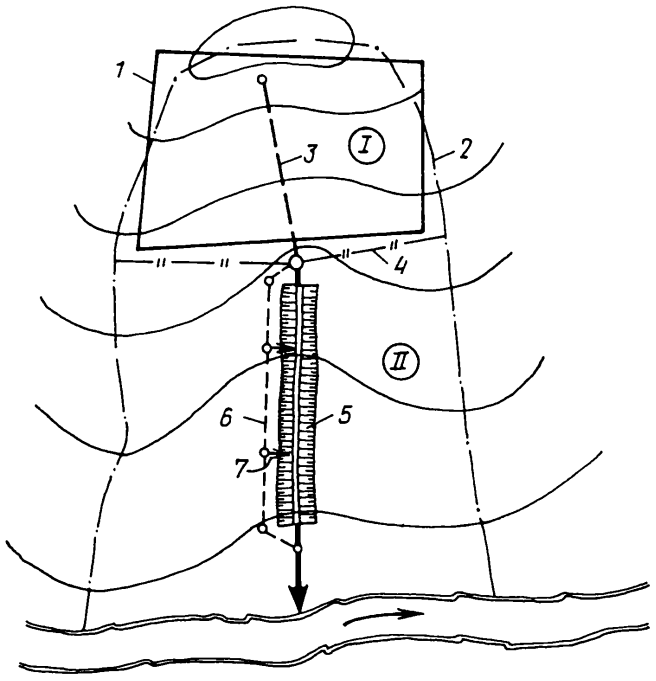



*Рис. 23. Схема организации поверхностного стока при застроенной верховой части бассейна:*
***I** – застраиваемая площадь бассейна; **II** – незастраиваемая площадь бассейна; **1** –граница города; **2** – граница главного бассейна; **3** – главный коллектор бассейна; **4** – граница частного бассейна; **5** – открытый канал; **6** – водосбросной коллектор; **7** – аварийный водосброс*

По санитарным условиям открытый канал не следует использовать для пропуска загрязненного ливневого стока с застроенной территории. Для приема и отвода поверхностного стока, поступающего из сети дождевой канализации, устраивается сопутствующий коллектор водостока, расположенный рядом с открытым каналом. Сечение отводящего водостока по экономическим соображениям определяется с учетом пропуска постоянных расходов, поступающих в сеть городского водостока (промышленные условно чистые воды, сток от поливки улиц, дренажные воды и пр.), и дождевых вод от дождей частой повторяемости. В случае прохождения стока от дождей редкой повторяемости (большой интенсивности) при переполнении отводящго водостока открытый канал и отводящий водосток будут работать совместно.

### *3.2. Организация стока поверхностных вод*

В естественных условиях поверхностные воды стекают по склонам и пониженным местам в открытые водоемы, затапливая на своем пути бессточные места, образуя болота и заболоченности. Это приводит к эрозии (разрушению) почв, является причиной образования оврагов, оползней, повышения горизонта грунтовых вод и пр. В городских условиях поверхностные воды могут затопить пониженные места, подвальные помещения, улицы, нарушить движение по ним, стать причиной снижения несущей способности грунтов. Поэтому основные задачи организации стока поверхностных вод — сбор и удаление поверхностных вод с городской территории: защита городской территории от затопления поверхностными водами, притекающими с верховых участков; обеспечение надлежащих условий для эксплуатации городских территорий, наземных и подземных сооружений.

Организация стока поверхностных вод осуществляется комплексным решением горизонтальной и вертикальной планировки городских территорий и специальной системы водоотвода на основе генерального плана города, анализа рельефа, геологических и гидрогеологических условий, размещения мест сброса собранных вод и пр.

**Системы отвода поверхностных вод.** Существуют три системы организованного отвода поверхностных вод: закрытая, открытая и смешанная.

**Закрытая система водоотвода** наиболее современна и более всего отвечает высокому уровню благоустройства. Поверхностные воды отводятся с городской территории с помощью подземной системы трубопроводов, называемой городской водосточной сетью (городские водостоки) или дождевой канализацией.

Закрытая водосточная городская сеть представляет систему, включающую защитную (нагорную) сеть, перехватывающую поверхностный сток, поступающий к городской территории; водосборную (водосточную) сеть, собирающую поверхностные воды с городской территории; водоотводящую сеть, транспортирующую собранный сток к местам сброса, водосточные сети специального назначения, создаваемые как мероприятия по

инженерной подготовке городских территорий (для перехвата поверхностных вод у оврагов, оползневых склонов и пр.) и сооружения на сети. Достоинства закрытой системы водоотвода — высокий уровень благоустройства и обеспечение нормативных санитарных условий. Недостаток — весьма высокая стоимость строительства.

**Открытая система водоотвода** допускается в дачных местах, небольших поселках как первый этап благоустройства, а также в определенных условиях на жилых территориях (в поселках засушливой зоны, например) и зеленых насаждений в городах. Она состоит из бетонных лотков, кюветов, канав (рис. 24) и характеризуется простотой и небольшими затратами строительных материалов и денежных средств. В то же время открытая система обладает рядом существенных недостатков: сравнительно малая пропускная способность и необходимость увеличивать ширину улицы и устраивать на всех пересечениях улиц и въездах в кварталы переездные мосты или прокладывать водопропускные трубы. Все это снижает безопасность движения транспорта и пешеходов, ухудшает санитарное состояние и общее благоустройство.

В практике организации поверхностного стока встречается **смешанная система водоотвода**, при которой по улицам и в центральной части города устраивается закрытая водосточная сеть, а на остальной территории — открытая. В настоящее время в благоустройстве города наиболее целесообразны закрытые водостоки (заключение в трубы и коллекторы ручьев и речек, входящих в общую систему водоотвода; отвод поверхностных вод из транспортных туннелей и пешеходных переходов: организация снегоуборки; защита городских водоемов от загрязнения и пр.). Городские закрытые водостоки состоят из водоприемных колодцев, соединительных веток, водостоков или коллекторов, смотровых колодцев, выпусков и специальных сооружений (перепадные колодцы, камеры различного назначения и т.д.).

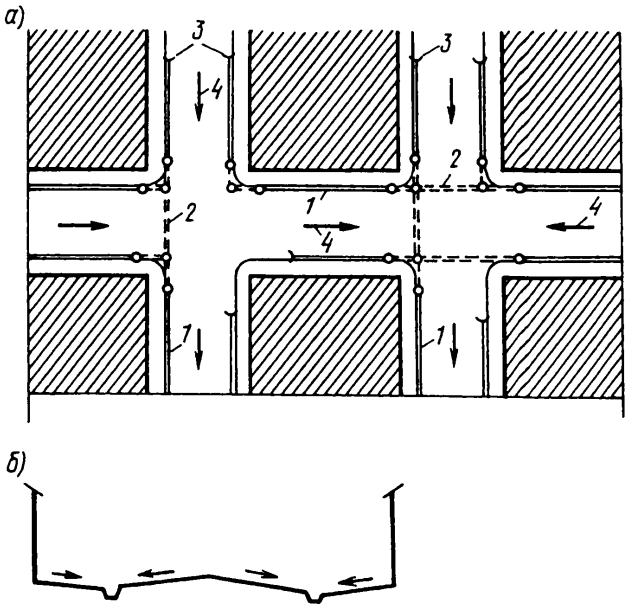



*Рис. 24. Открытая система водоотвода:*
***а** — план, **б** — поперечный профиль улицы с кюветами;*
***1** — кюветы, **2** — трубы; **3** — начало кювета; **4** — продольный уклон улицы*

**Основы проектирования водостоков.** Проектирование сети городских водостоков включает определение общих бассейнов стока, трасс главных коллекторов и мест выпуска; начертание сети водостоков в каждом бассейне; определение расчетных участков водостоков и частных бассейнов стока; гидрологический и гидравлический расчеты коллекторов водосточной сети; размещение водоприемных колодцев; составление продольных профилей водостоков и выбор их конструкций. Границы общих бассейнов стока определяются в городской черте. Общий бассейн представляет территорию, на которой формируется сток его поверхностных вод. Границы общих бассейнов проходят по водоразделам существующего рельефа или по водоразделам, запроектированным при вертикальной планировке. Таким образом, границы бассейна определяют площади стока дождевых и талых вод к водосточной сети данного бассейна. Каждый бассейн имеет свой основной сток, по направлению которого прокладывается главный коллектор водосточной сети. Целесообразно и эффективно такое проектирование общегородской водосточной сети, при котором площади общих бассейнов находятся в пределах 75—100 га. При та-

ких размерах бассейнов диаметры коллекторов обычно 800—1200 мм. Частные бассейны определяют площади формирования стока к отдельным участкам водосточной сети, в первую очередь к боковым водостокам.

В каждом общем бассейне главного коллектора устраивается также **боковая сеть водостоков**, причем главный коллектор имеет выпуск собранных поверхностных вод с площади данного бассейна. Главные коллекторы трассируются по тальвегам и другим пониженным местам, а при плоском рельефе, по возможности, посередине бассейна. Водостоки (боковая сеть) прокладываются по городским улицам. Трассы водостоков должны быть прямолинейны, параллельны красным линиям, с минимальным числом поворотов. Основная задача проектирования водосточной системы — наименьшая протяженность водостоков при полном обслуживании всей территории города.

Водостоки являются самотечными системами, т.е. они проектируются в направлении падения рельефа. Нежелательны встречные уклоны рельефа и водостока, хотя они возможны при отводе поверхностных вод из замкнутых пониженных мест. Водосточные коллекторы прокладываются по улицам города (в первую очередь по магистральным улицам и в бессточных местах) и иногда по территории микрорайона (при наличии на них тальвегов). Полностью развитая водосточная сеть охватывает всю территорию города, причем начертание ее зависит от системы городских улиц. Фрагмент схемы водосточной сети города приведен на рис. 25.

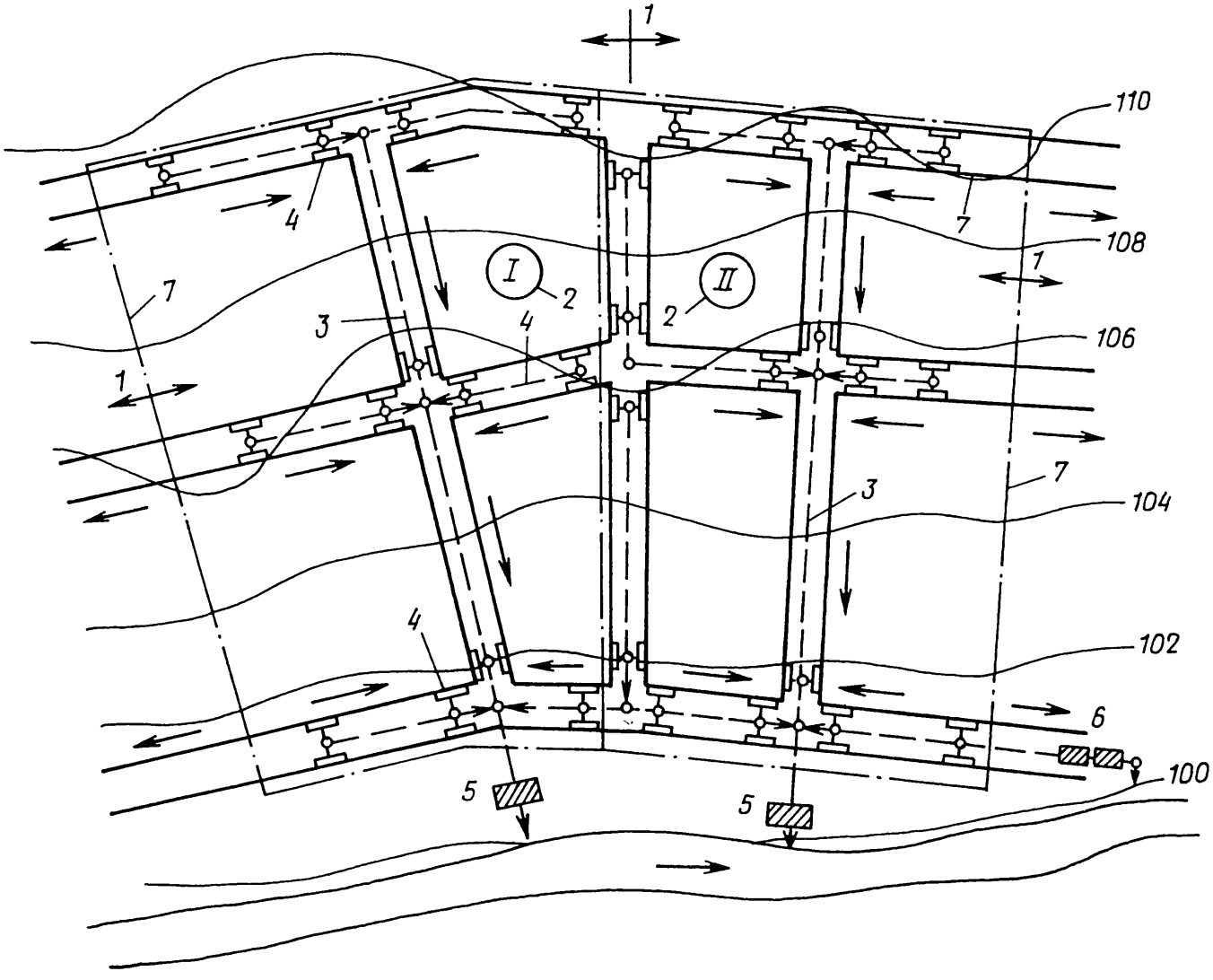



*Рис. 25. Схема водосточной сети города:*
***1** — водораздел; **2** — номер бассейна стока; **3** — коллектор водосточной сети; **4** — водоприемный колодец; **5** — аварийный сток; **6** — технические пруды-отстойники; **7** — граница бассейнов стока*

В практике встречаются различные варианты размещения водосточных коллекторов в поперечном профиле улицы: посередине улицы в полосе ее зеленых насаждений по одной из сторон улицы; в полосах зеленых насаждений при дублировании коллекторов по обеим сторонам улицы; в непосредственной близости от лотка. При небольшой ширине проезжей части прокладывается один водосток, при широкой проезжей части и при наличии разделительной полосы сети дублируют.

Наименьшая **глубина заложения** водосточных коллекторов зависит от глубины промерзания грунта в данном районе. Лоток водостока должен располагаться на 0,3 м ниже глубины промерзания грунта при диаметрах до 500 мм и на 0,5 м — при бóльших диаметрах, но минимальная глубина засыпки над водостоком должна быть не менее 1 м.

Глубина заложения водостоков назначается с учетом обеспечения возможности присоединения боковой сети, веток от водоприемников, пересечения с подземными коммуникациями и других условий. Продольные уклоны водостоков, по возможности, такие же, как и продольные уклоны улиц, по которым они размещаются, или рельефа местности (но не менее 0,003), чтобы нормальная скорость воды в трубах при полном наполнении составляла: минимальная — 0,7, а максимальная — 7—8 м/с.

При проектировании водостоков необходимо определить на улицах места начала сети, до которых от водоразделов сток поверхностных вод производится по лоткам улиц. Начало сети водостоков определяется допустимой длиной так называемого **свободного пробега воды**, т.е. расстоянием от водораздела до верхового водоприемного колодца. Это расстояние в зависимости от продольного уклона улицы и площади водосбора принимается от 100 до 400 м. Наиболее часто длина свободного пробега составляет 200—250 м. При этом высота наполнения лотков проезжей части не должна превышать 8—10 см при высоте бортового камня 15 см.

Большое значение при проектировании водостоков имеет **размещение водоприемных колодцев**. Они устраиваются в лотках улицы в пониженных местах, на перекрестках улиц, со стороны притока воды до пешеходных переходов (рис. 26),

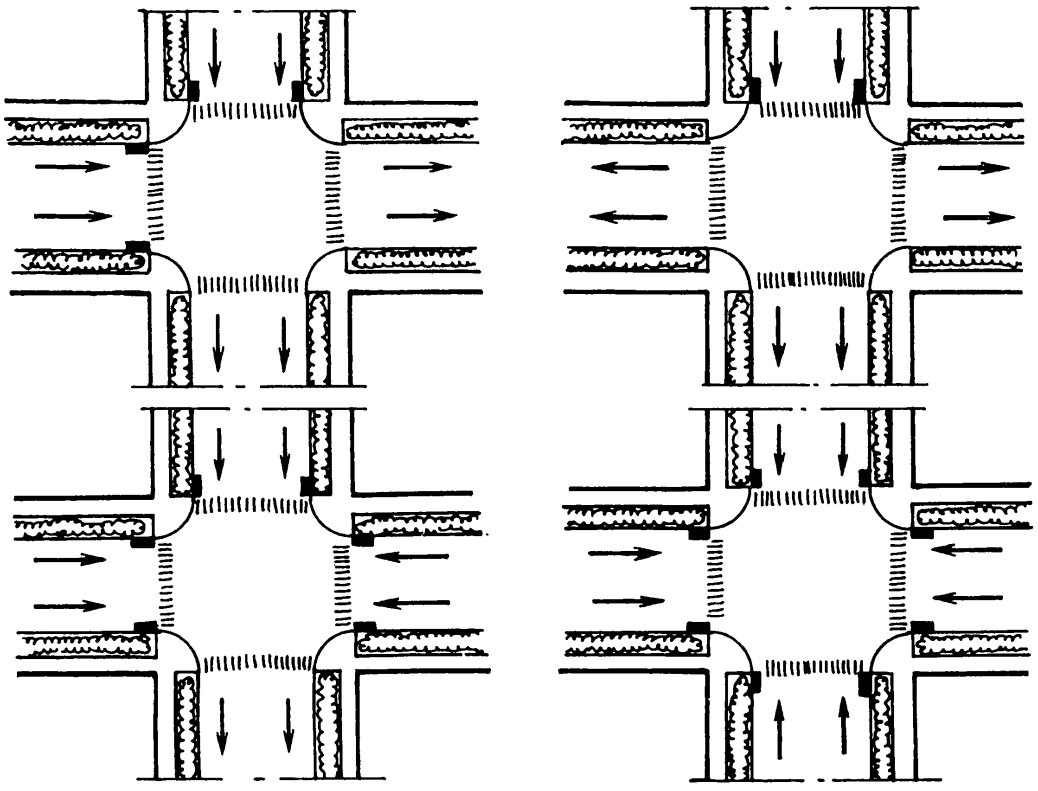


*Рис. 26. Расположение водоприемных колодцев на перекрестках*

на въездах и выездах с территории микрорайонов и по трассе водостоков с шагом 50—80 м в зависимости от продольных уклонов улиц. Водосточные сети оборудуются также смотровыми колодцами, которые располагаются в местах присоединения веток от водоприемных колодцев и боковых водостоков, в местах изменения трассы в плане (поворотов), в местах изменения продольных уклонов и диаметров, перепадов и пересечений с **другими подземными** сооружениями, а также на прямых участках с расстоянием между ними от 50 до 120 м в зависимости от диаметров коллектора.

Выпуски водосточной сети по санитарным соображениям желательно устраивать вне городской черты и ниже по течению реки. Сток поверхностных вод с городской территории по санитарному состоянию резко отличается в худшую сторону от стока, сформированного в естественных условиях. Помимо дождевых и талых вод, значительно загрязненных в городах, в водосточную сеть поступают так называемые условно чистые стоки промышленных предприятий, с территорий автопарков и т.д. Поэтому до выпуска стоков в естественные водоемы необходимо проводить их очистку методом осветления или передавать стоки на очистные сооружения.

Отвод поверхностных вод с территорий жилых микрорайонов необходимо обеспечить таким образом, чтобы из любой точки территории сток беспрепятственно доходил до лотков прилегающих улиц. При этом необходимо стремиться к использованию открытой системы, применяя закрытую сеть лишь в исключительных случаях (резко пониженные места, значительная протяженность лотков и пр.). На тупиковых проездах и разворотных площадках при направлении к ним продольного уклона выпуск поверхностного стока осуществляется с помощью перепускных лотков, соединяющих эти места с проездами, имеющими более низкие отметки. Лотки применяются также для отвода поверхностных вод от зданий, площадок, с территорий зеленых насаждений. Перепускные лотки имеют, как правило, глубину 15—20 см и в настоящее время выполняются из устойчивых материалов: бетонных плиток, сборных бетонных лотков асбестоцементных конструкций и т.д.

В местах выпуска поверхностных вод с территорий микрорайонов в городскую водосточную сеть за красной линией устанавливаются водоприемные колодцы с подсоединением их к коллектору. В микрорайонах водоприемные колодцы устанавливают в пониженных местах, не имеющих свободного стока, на пересечениях проездов со стороны притока воды и на прямых участках с интервалом 50—100 м. Водостоки на территории микрорайонов прокладываются вне проездов, в полосах зеленых насаждений на расстоянии 1—1,5 м от бортового камня.

На территории зеленых насаждений чаще всего применяется открытая система водоотвода, причем при расположении дорожек и проездов среди зеленых насаждений на сравнительно небольшом протяжении сток поверхностных вод осуществляется непосредственно на участки насаждений. Этот прием организации стока поверхностных вод особо благоприятен в засушливых районах.

При значительной площади зеленых насаждений (сады, парки) целесообразна закрытая система водоотвода. Основной принцип применения водостоков — наименьшая их протяженность при наиболее полном обслуживании территории зеленых насаждений. Водосточные коллекторы в парках имеют меньшие диаметры, чем водосточная сеть на застроенной городской территории, ввиду значительно меньшего коэффициента стока.

## Глава 4. Защита территории от затопления

Городские территории, расположенные на берегах рек, морей, водохранилищ и других водоемов, достаточно часто подвергаются различным физико-геологическим процессам в результате воздействия волн и течения рек. Береговым

территориям свойственно наличие оползней, оврагов, размытых берегов, подмытых береговых склонов.

Наибольшую опасность, связанную иногда с человеческими жертвами, представляет затопление городской территории при повышении уровня воды в реках во время половодий и паводков. В этом случае затоплению подвержены в первую очередь наиболее низкие участки — пойменные территории.

**Половодье** — фаза водного режима реки, которая характеризуется наибольшей в году водностью, высоким и длительным подъемом уровня воды. Половодье вызывается на равнинных реках снеготаянием (весеннее половодье), на высокогорных — таянием снега и ледников (летнее половодье). Для рек одной климатической зоны половодье ежегодно повторяется в один и тот же сезон, но с различной интенсивностью и продолжительностью. В период весеннего половодья равнинные реки нашей страны несут 60—70, а в степных районах до 90 % общего годового количества воды.

**Паводок** — быстрый и сравнительно кратковременный подъем уровня воды в каком-либо створе реки, обычно возникающий от дождей и завершающийся почти таким же быстрым его спадом. В отличие от половодья паводок возникает нерегулярно, но величина поднятия уровня и увеличение расхода воды при нем могут в отдельных случаях превышать уровень и наибольший расход половодья.

Большинство городов исторически сложилось вблизи рек, на побережьях морей и других водоемов. Поэтому затопленные территории в городах не редкость. В Российской Федерации примерно 250 крупных и больших городов страны находятся под угрозой наводнений вследствие половодий и паводков. Территории, подверженные затоплению во время подъемов уровней воды, за средний год составляют в стране около 70 млн га. В ряде городов в зонах затопления находится более 30 % общего жилищного фонда, а в некоторых (Архангельск, Иман и пр.) — более 50%.

В зависимости от причин возникновения и продолжительности воздействия различают временное и постоянное затопления.

**Временные затопления** свойственны территориям, расположенным на берегах рек с неурегулированным режимом. Они происходят в результате повышения горизонта воды при таянии снегов и при обильных дождях и носят, как правило, сезонный характер. Пропускная способность русла реки зависит от площади живого сечения потока в русле и скорости его течения. При увеличении расхода воды, поступающей в русло реки, увеличивается площадь его затопления и скорость течения потока. Увеличение площади живого сечения потока происходит за счет затопления пойменной части реки, что и приводит к периодическим затоплениям городских территорий, расположенных в поймах рек. Временные затопления могут происходить также при сбросе излишних расходов воды через существующие плотины.

Постоянное затопление территории происходит при крупных гидротехнических работах, связанных со строительством гидроэлектростанции и устройством водохранилищ, возведением плотин и решением ряда других народнохозяйственных задач. При создании водохранилищ наивысший уровень воды верхнего бьефа является постоянным и называется **нормальным подпорным уровнем**. Постоянному затоплению подвергаются территории городов, поселков или отдельные объекты, расположенные на отметках ниже нормального подпорного уровня. Временные и постоянные затопления городских территорий сопровождаются их подтоплением, что в совокупности влечет за собой активизацию других неблагоприятных физико-геологических явлений. Задачи защиты территорий населенных мест от затопления при строительстве водохранилищ и других крупных гидротехнических сооружений (постоянное затопление) решаются при проектировании и строительстве этих сооружений. Защита территорий при временном повышении

уровня воды в реках осуществляется в процессе проектирования и строительства городов.

### *4.1. Расчетные уровни воды и отметки территории*

В связи с тем что затопляемые территории, расположенные в городах, представляют большую ценность, предпринимаются мероприятия по защите их от затопления. В этом случае необходимо знать горизонт воды, который вызывает затопление. Горизонт воды в реке не постоянен. Существуют низкий (меженный) и высокий горизонты, которые определяются за достаточно продолжительный промежуток времени. Выделяют также самый низкий и высокий горизонты, ниже и выше которых уровень воды в реке не снижался и не повышался за длительное время наблюдений. Разность между наиболее низким и наивысшим горизонтами воды в реках определяет амплитуду колебаний. Горизонты паводковых вод занимают промежуточные значения. Поскольку эти значения в разные годы различны, то определяется обеспеченность какого-либо горизонта паводка, выражаемая в процентах и показывающая вероятность его появления. Из 100 возможных случаев наиболее высокий горизонт паводка будет иметь 1 % обеспеченности, т.е. будет повторяться 1 раз в 100 лет. Самый низкий паводок, превышаемый ежегодно, будет иметь 100 % обеспеченности. Повторяемость горизонтов промежуточных паводков находится между этими крайними значениями и равна, например, повторяемости 1 раз в 5 лет (20 %), 1 раз в 10 лет (10 %), 1 раз в 25 лет (4 %) и т.д.

В соответствии с правилами и нормами планировки и застройки городов территории, затапливаемые чаще 1 раза в 25 лет, т.е. при обеспеченности 4 %, с наивысшим уровнем затопления поймы более 0,6 м, относят к неблагополучным. Эти территории требуют проведения мероприятий по защите от затопления. Расчетная обеспеченность паводков, принимаемая для защиты территорий населенных мест или отдельных сооружений, зависит от характера использования этих территорий и назначения расположенных на них сооружений.

За расчетный горизонт высоких вод принимается отметка наивысшего уровня воды обеспеченностью: 1 % (повторяемость 1 раз в 100 лет) — для территорий, застроенных или подлежащих застройке жилыми и общественными зданиями, и 10 % (1 раз в 10 лет) — для территорий парков и плоскостных спортивных сооружений. Иногда, при особо ценной застройке допускается принимать обеспеченность 0,5 % (затопление 1 раз в 200 лет). В исключительных случаях при необходимости защиты от затопления жизненно важных сооружений и предприятий принимают обеспеченность в пределах до 0,1 %, т.е. с возможностью затопления 1 раз в 1000 лет. Однако прогноз наивысшего уровня воды за такой период времени весьма относителен.

Расчетные горизонты высоких вод и обеспеченность — исходные данные для определения отметок, необходимых для защиты городской территории от затопления. Наблюдения показывают, что глубина затопления пойменной части основных рек России составляет 1—5,5 м при 1 %-ной обеспеченности прошедшего паводка. Это значит, что в пределах затопленной пойменной части реки проходит значительная часть максимального расхода паводка (30—50 %). Учитывая это, необходимо правильно определять границу берегоукрепительных работ и не допускать излишнего сужения потока паводковых вод. Поэтому при установлении расчетного горизонта воды следует иметь в виду возможное повышение горизонта воды в реках при стеснении русла. При значительном стеснении русла повышение горизонта воды может достигать до 0,5 м. Величина повышения горизонта вследствие стеснений русла определяется гидравлическим расчетом. Таким образом, отметка расчетного горизонта высоких вод соответствует наибольшему расходу.

При решении вопросов защиты территории от затопления важное значение имеет определение отметки гребня дам-

бы или верхней бровки откоса при сплошной подсыпке. Эти отметки необходимо принимать не менее чем на 0,5 м выше расчетного горизонта высоких вод необходимой обеспеченности в зависимости от функционального значения территории с учетом в необходимых случаях волнового воздействия.

На малых реках и небольших водоемах расчетная отметка гребня дамбы обвалования или верхней бровки откоса сплошной подсыпки, м.

$$H = H_В + а, \quad (9)$$

где $H_В$ — расчетный горизонт высоких вод, м; а — запас, равный 0,5 м.

На крупных водоемах небходимо учитывать воздействие ветровых волн. В этом случае

$$H = H_В + \Delta h + h_Н + а, \quad (10)$$

где $\Delta h$ — подъем горизонта воды под влиянием ветрового нагона; $h_Н$ — максимальная высота наката волны, м; а — запас, равный 0,5 м.

Подъем горизонта воды (ветровой нагон) определяется по местным наблюдениям. При их отсутствии он принимается равным 0,5 м для малых по площади водоемов и 1 м — для больших. Высота наката волны колеблется в пределах 0,4—1 м. Расчетная схема учета воздействия ветровых волн приведена на рис. 27.

Расчетную отметку верха дамбы или минимальную отметку вертикальной планировки при сплошной подсыпке территории можно также определить по формуле

$$H = H + \Delta h + 1{,}5h \quad (11)$$

где $H$ — расчетный горизонт высоких вод, м; $\Delta h$ — подъем горизонта воды под влиянием ветрового нагона, м; $h$ — высота волны с учетом набега, м.

Высота волны определяется по различным эмпирическим формулам. По В.Г. Андреянову, она равна:

$$h = 0{,}0208V^3/4L^{1/2}, \quad (12)$$

где $h$ — высота волны, м; $V$— скорость ветра, м/с; $L$ —длина разгона волны (расстояние от откоса до противоположного берега), км.

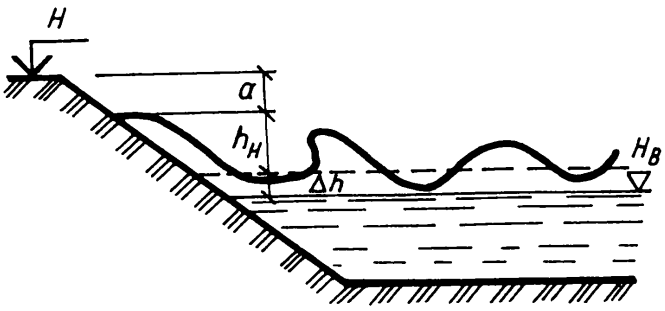



*Рис. 27. Расчетная схема учета воздействия ветровых волн*

Приведенная формула применима при скорости ветра до 15 м/с и длине разгона волны до 30 км.

### *4.2. Методы защиты территории от затопления*

Способы защиты затапливаемых городских территорий зависят от высоты расчетного горизонта высоких вод и площади территории, подверженной затоплению, особенностей использования данной территории, ценности защищаемого жилищного фонда и промышленных предприятий, инженерного городского хозяйства и природных особенностей территории.

В борьбе с затоплением используются различные методы, основные из них — сплошная подсыпка территории до незатопляемых отметок; обвалование защищаемой территории путем ограждения ее защитными дамбами, сокращение наибольших расходов реки в пределах городской территории, регулирование стока и расходов путем устройства водохранилищ выше города по течению реки, обводного русла и пр.; увеличение пропускной способности реки в пределах территории города для пропуска наибольших расходов при более низких горизонтах путем изменения поперечного профиля русла реки.

Применение перечисленных мероприятий обычно ограничивается территорией города или его части и участком реки в пределах городской черты. В некоторых случаях они могут осуществляться вне городской территории, выше по течению реки, например, путем создания водохранилища, регулирующего расходы и уровни воды в реке.

Мероприятия по защите городских территорий от затопления можно выполнять как отдельно, так и в комплексе, причем во многих случаях целесообразно сочетание различных мероприятий. Тот или иной вариант защиты территории от затопления принимается на основе технико-экономического обоснования.

**Сплошная подсыпка** — одно из основных мероприятий по защите городских территорий от затопления (рис. 28). Она ограничивается земляными работами и осуществляется вертикальной планировкой. Отвод поверхностных и при необходимости грунтовых вод производится обычными способами. Сплошная подсыпка, как правило, применяется на относительно небольших по площади территориях и при наличии резервов грунта. Сплошная подсыпка или намыв территории характеризуется значительными объемами земляных работ по сравнению, например, с сооружением дамб обвалования, но с учетом архитектурно-планировочных требований сплошная подсыпка территории часто более целесообразна, чем устройство дамб обвалования, поскольку она обеспечивает свободный доступ архитектурных ансамблей к водной поверхности и возможность застройки территории отдельными участками. Однако ее нельзя выполнять при существующих капитальной застройке и ценных зеленых насаждениях.

Сплошная подсыпка экономически целесообразна, если средняя высота ее не превышает 1,5—2 м при сравнительно малой дальности перевозки необходимого объема грунта. В случае использования гидромеханизации, т.е. намыва грунта из русла реки или чаши устраиваемого водоема, стоимость земляных работ значительно снижается. В ряде случаев целесообразно устраивать частичную подсыпку, при которой формируется обратный от берега скат, что позволяет вывести застройку к берегу и сократить объемы земляных работ.

Обвалование затопляемых территорий более преимущественно по сравнению со сплошной подсыпкой благодаря значительно меньшим объемам земляных работ (рис. 29). Однако наличие дамб затрудняет организацию стока поверхностных вод, что вызывает необходимость в проведении специальных мер по обеспечению стока — создание насосных станций перекачки, регулирующих емкостей и т.д. Усложняется и задача понижения уровня грунтовых вод, требуется устройство дренажной системы с перекачкой собранных вод в водоемы. Кроме того, дамбы отрезают территорию города от водного пространства, затрудняют выход застройки к воде, что с градостроительной точки зрения, конечно, нельзя рассматривать как положительное явление.

Обвалование применяют на сравнительно значительных по площади территориях, а также на территориях с существующей капитальной застройкой и ее участках, ценных в архитектурно-историческом отношении.

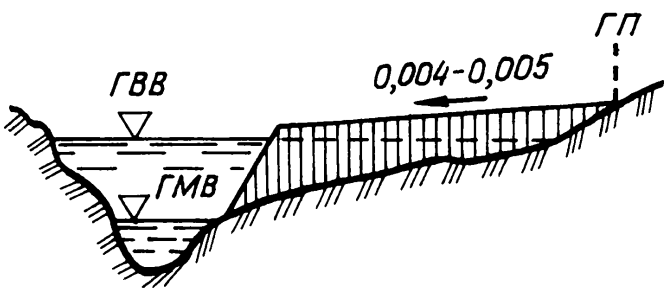



*Рис. 28. Защита городской территории от затопления сплошной подсыпкой:*
***ГМВ** — горизонт меженных вод; **ГВВ** — горизонт высоких вод; **ГП** — граница подсыпки*

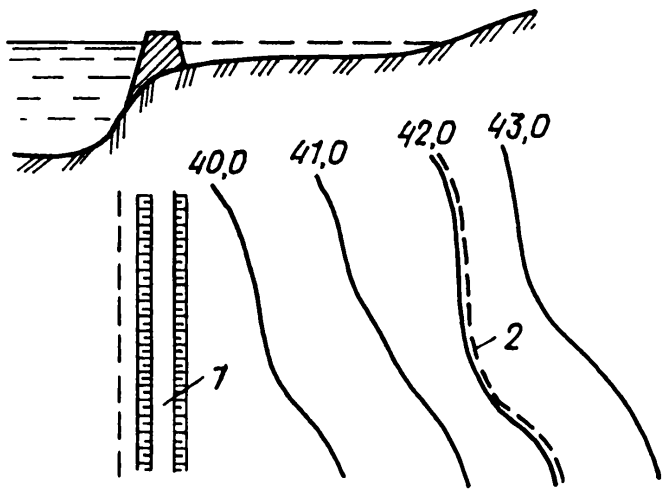



*Рис. 29. Обвалование затопляемых территорий:*
*1 — дамба обвалований; 2 — граница возможного затопления территории*

**Сокращение наибольших расходов реки** достигается посредством регулирования стока и имеет большое значение, так как исключает необходимость мероприятий по непосредственной защите городской территории от затопления. Защита методом регулирования стока заключается в перераспределении расходов (наибольших расходов и наивысших уровней). Уменьшение максимальных расходов происходит в результате создания и использования водохранилища в верхнем по отношению к городу течении реки, которое задерживает часть стока.

Устройство водохранилищ, регулирующих уровень воды в реках, вызывает значительные по объему работы, особенно при большом речном стоке. Наиболее рационален этот метод при комплексном использовании водохранилища для энергетики, при обводнении рек судоходства и пр.

**Увеличение пропускной способности русла реки** для пропуска в пределах городской территории наибольших расходов воды при более низких горизонтах достигается путем его расчистки и углубления, а также расширения русла и увеличения продольного уклона дна (рис. 30). Данный метод позволяет понизить расчетную отметку поверхности территории или отметку верха дамбы за счет понижения расчетного уровня воды в реке, однако он сопровождается сравнительно большими объемами земляных работ. Область применения — малые реки. Выбор того или иного варианта защитных мероприятий производится на основе сравнения технико-экономических показателей, включающих и эффект, получаемый от тех или иных градостроительных решений.

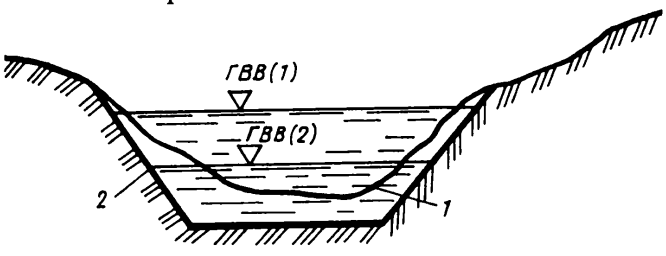



*Рис. 30. Увеличение пропускной способности русла реки:*
*1 — существующее русло; 2 — новое русло; ГВВ (1) — горизонт высоких вод при существующем русле; ГВВ (2) — горизонт высоких вод при новом русле*

## *4.3. Принципы проектирования защитных сооружений*

При необходимости защиты территории от временного или постоянного затопления наиболее часто используют сплошную подсыпку затопляемых территорий и их обвалование.

**Сплошная подсыпка** осуществляется на основе специального проекта, в котором устанавливаются: граница и площадь затопления территории при расчетном уровне воды; граница и площадь подсыпаемой территории; высота насыпи по участкам; средняя высота подсыпки; объем земляных работ; резервы грунта; способы доставки грунта и уплотнения; расчет необходимого числа машин, механизмов, снарядов и пр.

Основа разработки проекта — повышение существующих отметок рельефа до незатопляемого уровня с расчетной минимальной отметкой, устанавливаемой в зависимости от расчетного горизонта высоких вод и при необходимости учета волнового воздействия.

Граница затопления территории проходит по линии, соединяющей точки на поверхности с отметками, равными отметке расчетного горизонта воды. Вся территория от береговой линии до границы затопления подвержена затоплению при подъеме воды до наивысшего уровня определенной обеспеченности (рис. 31).

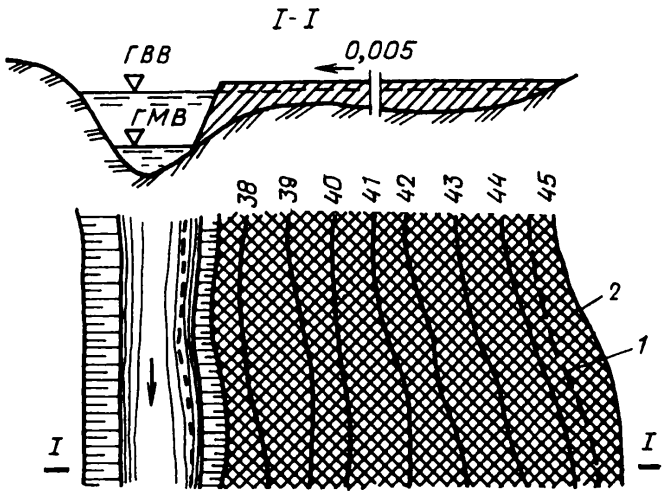



*Рис. 31. Сплошная подсыпка территории:*
*1 — граница затопления; 2 — граница сплошной подсыпки; **ГМВ** — горизонт меженных вод; **ГВВ** — горизонт высоких вод*

Проектирование отметок подсыпаемой территории производится методом вертикальной планировки с учетом наименьшей отметки, обеспечивающей незатопление территории, и условий стока поверхностных вод. При определении наименьшей отметки подсыпки следует учитывать возможность подпора грунтовых вод при подъеме горизонта воды в водоеме.

Сток поверхностных вод осуществляется путем придания поверхности необходимых уклонов в продольном и поперечном направлениях. Наименьший допустимый уклон поверхности подсыпки принимается равным 0,004, в исключительных случаях допускается уклон 0,003. Учитывая необходимость организации стока поверхности вод, желательно обеспечить уклон 0,005. Устанавливая уклон поверхности, необходимо помнить о том, что при повышении уклона увеличивается объем земляных работ. При сплошной подсыпке территорий, предназначенных под промышленные зоны и предприятия, уклоны поверхности принимаются в пределах от 0,003 до 0,03 в зависимости от требований технологических процессов проектируемых предприятий.

Подсыпка производится на всей территории, подверженной затоплению, т.е. расположенной ниже расчетной отметки высоких вод. Граница сплошной подсыпки определяется исходя из расчетной отметки верхней бровки берегового откоса и превышения проектной поверхности за счет принятого уклона. Совпадение этих отметок с отметками существующего рельефа в конкретных точках территории определяет границу подсыпки. В плане граница сплошной подсыпки располагается на бóльшем расстоянии от береговой линии, чем граница затопления, поскольку поверхности придается уклон по направлению к водоему. Высота подсыпки в конкретных точках территории определяется как разность отметок проектируемой (красной) поверхности и существующего рельефа. Максимальная высота насыпи имеет место у берега водоема, уменьшаясь по направлению к границе подсыпки.

Объем грунта, необходимого для защиты затапливаемой территории при ее сплошной подсыпке, зависит от площади подсыпаемой территории и высоты насыпи. Подсчет земляных работ производится по профилям вертикальной планировки или по способу квадратов (картограмма земляных работ). Ориентировочный объем земляных работ может быть определен как произведение площади подсыпаемой территории на среднюю высоту подсыпки.

При подсчете земляных работ по способу квадратов можно получить объемы работ по отдельным квадратам, а суммируя объемы ряда квадратов — по отдельным участкам территории, что значительно помогает установить последовательность подсыпки и разработать проект организации работ.

Как правило, сток поверхностных вод происходит в направлении к реке или водоему, т.е. вертикальная планировка территории проектируется как плоскость с принятым уклоном к береговой линии, с повышением красных отметок по мере удаления от водоема. В некоторых случаях, главным образом при подсыпке значительных по площади территорий в вертикальной планировке проектируются одно или несколько искусственных понижений в направлении, параллельном береговой линии. Таким образом, в поперечном к воде разрезе сплошная подсыпка имеет вид пилообразного профиля (рис. 32). По пониженным линиям сооружается коллектор водосточной сети. Подобный прием вертикальной

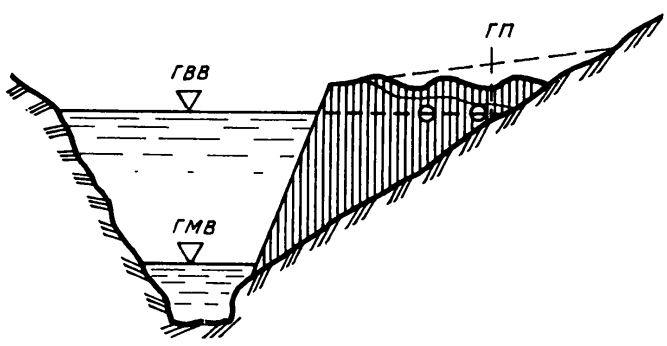



*Рис. 32. Сплошная подсыпка пилообразного профиля:*
*1 — водосточный коллектор; **ГМВ** —горизонт меженных вод; **ГВВ** — горизонт высоких вод; **ГП** — граница подсыпки*

планировки способствует значительному уменьшению объемов земляных работ и, следовательно, их стоимости.

Земляные работы по сплошной подсыпке территории выполняются двумя способами: подсыпкой привозным грунтом и намывом грунта с помощью гидромеханизации. Как правило, намыв грунта требует меньших затрат по сравнению с подсыпкой привозным грунтом. При сплошной подсыпке территории привозным грунтом объем и стоимость работ определяются условиями получения необходимого для насыпи грунта и его транспортировки, площадью и средней высотой подсыпки. Особое значение имеет качество грунта, влияющее на его получение, перевозку и укладку в насыпь, а также на последующее его уплотнение. Уплотнение грунта в насыпи играет важную роль, поскольку определяет возможность и сроки строительства зданий и сооружений на насыпных грунтах. При перевозке грунта определяющей является дальность перевозки.

Эффективный способ выполнения земляных работ по защите территории от затопления — намыв смесью грунта и воды так называемой пульпой или гидросмесью посредством гидромеханизации (регулирование грунта). В этом случае грунт разрабатывается с помощью гидромониторов — при размыве грунта в карьерах или землесосных снарядов — при углублении дна водоема. Транспортирование грунта производится под напором по трубопроводам. Длина трубопроводов, а следовательно, и расстояние подачи пульпы 2—3,5 км. Производительность землесосных снарядов колеблется от 100 до 1000 м$^3$ грунта в час. По трубопроводу пульпа поступает в разводящую сеть из приподнятых над поверхностью земли перфорированных труб, из которых она равномерно изливается на площадку. При этом вода стекает в водоем, а твердые фракции остаются на месте, постепенно уплотняясь и увеличивая толщину намываемого слоя. Намыв территории обычно производится песчаными и песчано-гравелистыми грунтами, в частности аллювиальными песками, залегающими в руслах рек. Суглинки и глины допускается использовать при отсутствии других грунтов и технико-экономическом обосновании возможности и целесообразности их применения. При намыве следует предусматривать запас грунта по сравнению с расчетными объемами по проекту вертикальной планировки, поскольку происходят осадка и уплотнение грунта, унос его ветром и технологические потери. На уплотнение грунта в теле насыпи принимается запас 1,5 % высоты ее супесчаных и суглинистых грунтов и 0,75 % — при намыве из песчаных грунтов.

Сплошная подсыпка привозным грунтом и намыв грунта позволяют проводить работы по инженерной подготовке затапливаемой территории отдельными участками и, следовательно, вести строительство города в определенной очередности освоения подготовленных территорий. При сплошной подсыпке территории на берегах рек, водохранилищ и других водоемов создаются откосы, размыв которых возможен в зависимости от режима и уровней воды, скорости течения, волнового воздействия, условий ледохода и т.д. Защита откосов подсыпки от подмыва, размыва и обрушения осуществляется путем берегоукрепления. Стабильное положение откосов достигается различными способами: посредством их обработки с сохранением формы откоса или устройством подпорных стенок набережных. В любом случае необходимо учитывать соответствие принятого укрепления и формы откоса архитектурно-планировочным требованиям и условиям использования береговой полосы. Водосточная система при сплошной подсыпке — проектируется и прокладывается обычными способами. При этом нет необходимости применять какие-либо специальные сооружения и устройства. Поскольку сток поверхностных вод осуществляется в сторону водоема, то прокладывается береговой коллектор, который собирает весь сток и отводит его за городскую черту. В случае когда на территории имеются пониженные участки (пилообразный профиль

подсыпки), при подпоре возможен выход воды из водосточного коллектора на поверхность земли. Во избежание этого необходимо устанавливать на коллекторе обратный клапан. Временное подтопление коллекторов водосточной сети в период высоких уровней воды в реке или водоеме допускается, но отметки поверхности подсыпки должны обеспечивать незатопляемость территории.

При подпоре грунтовых вод для защиты территории от подтопления используется дренажная система. Проектирование ее производится по общим правилам и нормам сооружения дренажных систем.

**Обвалование территории** как мероприятие по защите от затопления осуществляется применительно ко всему городу или к его части в зависимости от площади затопления и рельефа. Схемы расположения ограждающих затапливаемую территорию дамб различные. Основные приемы обвалования: дамба сооружается вдоль водоема с примыканием к склонам на отметках незатопляемых территорий; дамба возводится вдоль водоема и по границам защищенной территории, при этом поперечные участки дамбы примыкают к незатопляемым береговым склонам; ограждение затапливаемой территории отдельными участками при необходимости пропуска водостоков; кольцевое дамбообвалование территории всего города или отдельных участков (рис. 33).

При проектировании защиты территории от затопления методом обвалования разрабатываются варианты трасс дамб. Оптимальный вариант выбирается на основании технико-экономического сравнения, а также учета распределения скоростей течения в реке и русловых процессов, находящихся в зависимости от степени сжатия русла при прохождении высоких вод. На основании выбранного варианта проектируется расположение дамб в плане. Трассы ограждающих дамб проектируются прямолинейно или по плавным кривым возможно большего радиуса. Расположение дамбы по отношению к берегу определяется устойчивостью русла, условиями подмыва и размыва береговых склонов и уклоном территории. При положительных значениях перечисленных факторов дамбы обвалования могут располагаться относительно близко к берегу. Обычно дамбы имеют форму трапеции (рис. 34). Ее ширина поверху зависит от использования, однако она должна быть не менее 4,5 м, для обеспечения проезда обслуживающего транспорта при ремонте и в аварийных случаях. Дамба может использоваться для движения транспорта, входя в общую транспортно-планировочную структуру города, в частности, как скоростная дорога или общегородская магистраль. Нередко хорошо озелененная дамба служит местом отдыха городского населения. В этом случае ширина дамбы поверху устанавливается соответствующими расчетами. Решения по использованию дамбы для каких-либо целей должны приниматься на основе технико-экономического и градостроительного обоснования, поскольку увеличение ширины дамбы вызывает рост объемов земляных работ и удорожание строительства.

Крутизна откосов со стороны воды (верховой откос) в зависимости от типа крепления, как правило, принимается 1:2—1:4, со стороны берега (низовой откос) 1:1,5—1:2, но могут применяться и пологие откосы крутизной 1:20—1:50. На откосах возможно устройство берм шириной 1,5—2 м при высоте дамбы более 10 м. Основой определения размеров поперечного сечения дамбы являются условия устойчивости откосов, гребня и дамбы в целом при переработке берегов водоема, воздействии течения воды, волн и льда, а также условия ограничения фильтрации воды через тело дамбы.

Верховой откос подвержен отрицательным факторам воздействия воды и льда и должен быть защищен от них посредством соответствующего укрепления. Низовой откос не подвергается таким воздействиям, поэтому может иметь укрепление простейшего типа, например, одерновку поверхности откоса. Типы крепления откосов дамб обвалования такие же, как и при сплошной подсыпке; одерновка, мощение камнем, облицовка

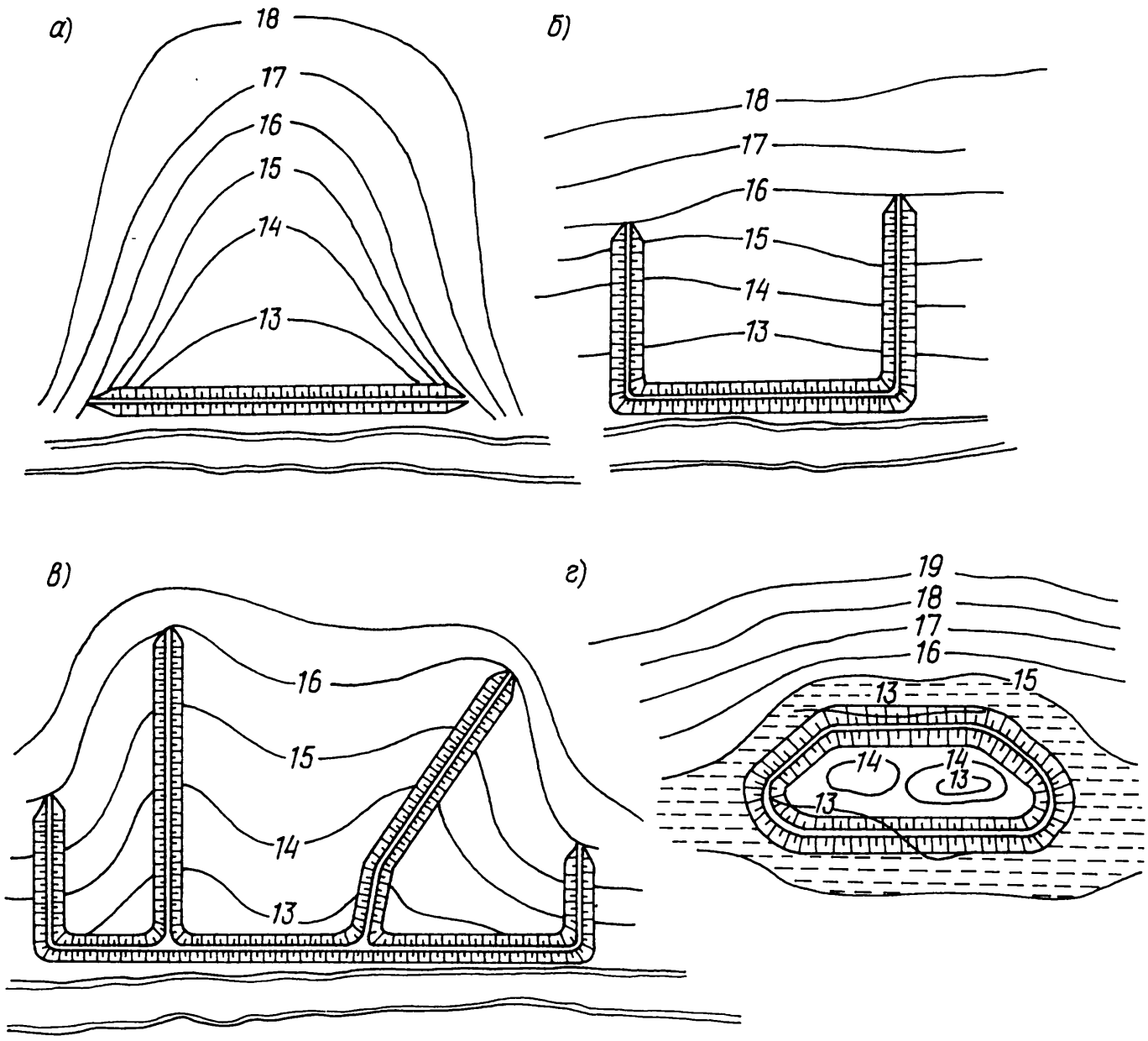



*Рис. 33. Основные приемы обвалования территории:*
***а** — дамба вдоль водоема с примыканием к склонам; **б** — дамба вдоль водоема с поперечными участками, **в** — ограждение отдельными участками; **г** — кольцевое дамбообвалование*

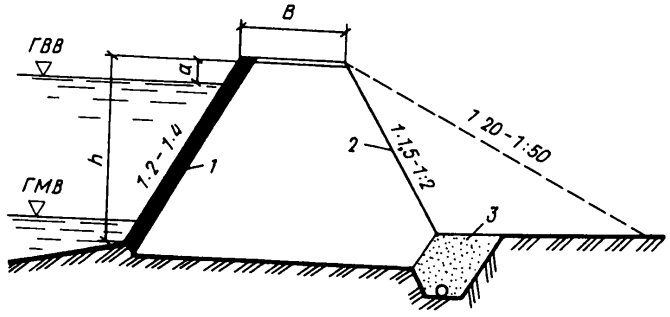



*Рис. 34. Поперечный профиль дамбы обвалования:*
***1** — вербовой (мокрый) откос с креплением; **2** — низовой (сухой откос); **3** — придамбовый дренаж: **а** — запас в высоте; **в** — ширина дамбы по верху; h — высота дамбы*

бетонными плитами и др. В период подъема уровня воды в теле дамбы создается фильтрационный поток. В связи с этим для уменьшения фильтрации в дамбе предусматриваются водонепроницаемые ядра: экраны и диафрагмы (рис. 35). Со стороны берега вдоль дамбы прокладывается горизонтальный дренаж.

По своему назначению дамбы подразделяются на незатопляемые и затопляемые. При защите городской территории, предназначенной под жилую и общественную застройку, сооружаются неза-

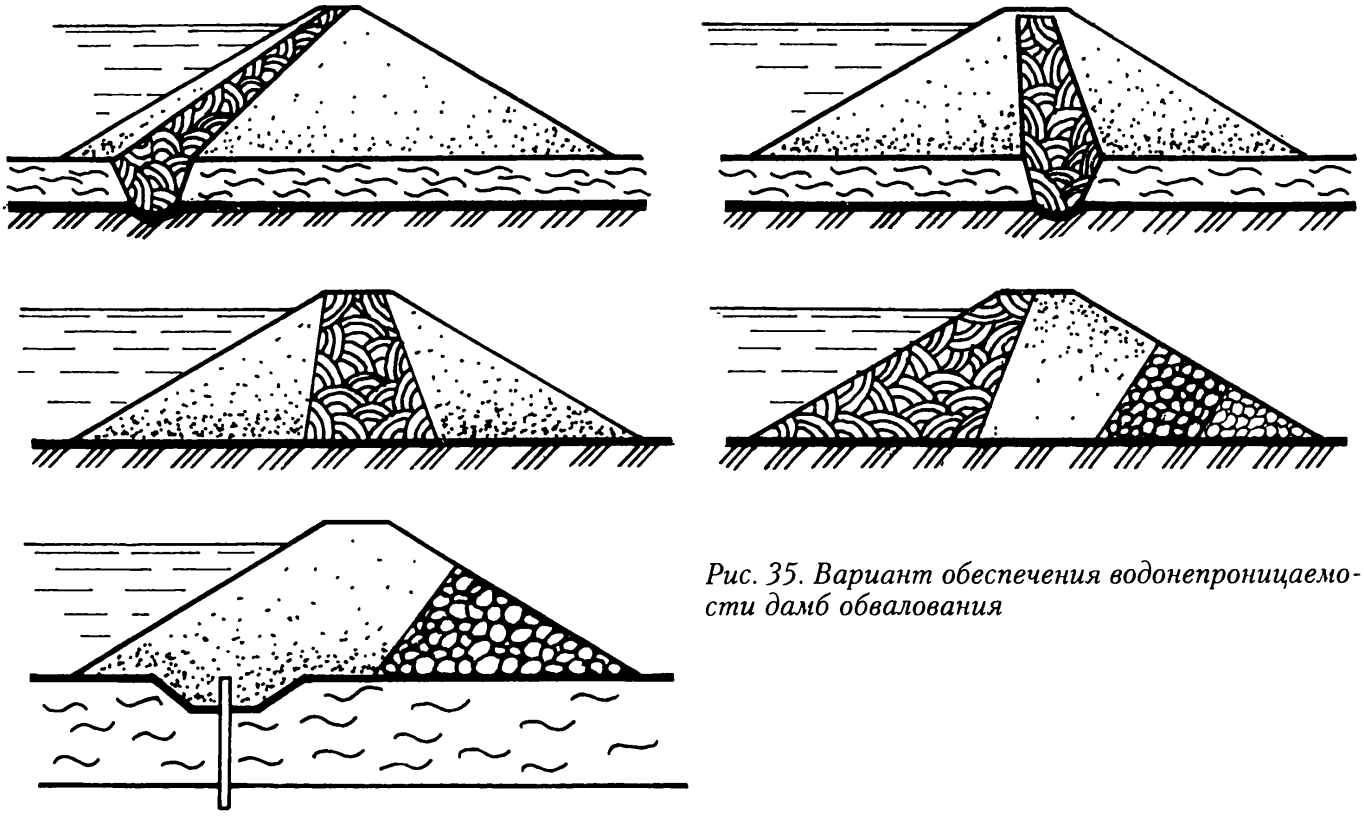


*Рис. 35. Вариант обеспечения водонепроницаемости дамб обвалования*

топляемые дамбы, т.е. высота их определяется из условия невозможности перелива воды через гребень дамбы при расчетном уровне высоких вод. Они служат постоянной защитой территории города от затопления. Затопляемые дамбы применяют при обваловании территории в тех случаях, когда допускается периодическое затопление (например, территории зеленых насаждений, расположенные в пойме реки).

По производству работ и исходному материалу дамбы бывают насыпные и намывные. Первые сооружаются сухим способом, путем привоза или перемещения грунта на месте строительства с последующими разравниванием и уплотнением, вторые — путем намыва грунта с помощью гидромеханизации с последующим осушением тела дамбы.

Материалом для насыпных дамб могут служить любые местные грунты, кроме иловых и грунтов, содержащих более 8 % гумуса и более 6 % легкорастворимых солей. Для намыва наилучшими являются песчано-травянистые и супесчаные грунты, но могут использоваться и глинистые грунты. Песчаные грунты обеспечивают полное уплотнение насыпи в дамбе за короткие сроки, глинистые требуют около 3—5 лет для полного обезвоживания насыпи.

Строительство всего комплекса дамб обвалования и связанных с ними сооружений и устройств должно быть полностью закончено до начала строительства зданий в границах территории, подверженной затоплению.

При защите городской территории от затопления способом обвалования необходимо учитывать, что в период подъема горизонта воды возникает ряд осложняющих эксплуатацию дамбы обстоятельств, требующих проведения специальных мероприятий, которые связаны с возможностью затопления городской территории поверхностными водами в бассейне ограждаемой территории в связи со сложностью их сброса самотеком вследствие разницы отметок водосточной сети и уровня воды в реке или водоеме; с возможностью затопления территории водотоков, проходящих по ограждаемой территории, из-за разницы в отметках уровней воды в водотоке и реке; с возможностью подтопления городской территории вследствие подпора и фильтрации воды через тело дамбы и ее осно-

вание. Организация стока поверхностных вод с городской территории при защите ее от затопления дамбами обвалования в отличие от сплошной подсыпки имеет свою специфику, что связано со сложностью отвода поверхностных вод в период стояния высоких уровней в реке. При низких уровнях воды в реке сброс поверхностных вод осуществляется самотеком через тело дамбы, причем трубы обеспечиваются обратными клапанами, щитами и затворами, перекрывающими сток во время половодья и паводков.

Затруднения в организации стока поверхностных вод возникают в период стояния высоких вод в водоеме и заключаются в том, что поверхностные воды не могут быть сброшены в реку самотеком, без специальных мероприятий. Это может привести к затоплению городской территории, в частности, и из-за поступления воды из реки в водосточную сеть.

Чтобы избежать затопления городской территории поверхностными водами, применяются такие мероприятия, как временная аккумуляция этих вод в накопительных бассейнах и других регулирующих емкостях и перекачка собираемых поверхностных вод через дамбу с помощью насосных станций. Накопительными бассейнами на территории города могут служить как существующие, так и вновь создаваемые пруды.

Водосточная система города проектируется таким образом, чтобы трассы главных коллекторов, собирающих поверхностные воды со всего бассейна стока, заканчивались в 2—3 местах расположения накопительных бассейнов. Объем накопительных бассейнов рассчитывается по расходу водосточных коллекторов, на трассе которых они находятся. Расчет проводится на максимальные расходы с 1 %-ной обеспеченностью, т.е. период однократного переполнения принимается в 100 лет. При определении места для сооружения накопительного бассейна следует учитывать, что при превышении расчетного дождя, принятого для определения емкости накопительного бассейна, может затапливаться некоторая территория, расположенная у бассейна.

Вместимость накопительного бассейна при полной аккумуляции поверхностного стока $V$ определяется по формуле

$$V = 10h\Psi F, \qquad (13)$$

где $h$ — максимальный слой осадков за период паводка, мм; $\Psi$ — средний коэффициент стока, принимаемый в зависимости от благоустройства городской территории; $F$ — площадь водосборного бассейна, га.

Накопительные аккумулирующие бассейны выполняют свои функции сбора поверхностных вод лишь во время паводка, но в декоративных и иных целях они сохраняют свое значение как городские водоемы круглый год. Из накопительных бассейнов собранная вода сбрасывается в реку после понижения уровня в ней.

Другой способ сброса собранных поверхностных вод, гарантирующий незатопляемость городской территории, — **механическая перекачка** их в водоем. Водосточная сеть в этом случае проектируется таким образом, чтобы собранные воды направлялись к насосным станциям. Насосные станции располагаются в каждом бассейне стока, в пониженных местах. В зависимости от размещения насосных станций трассируются главные коллекторы дождевой канализации (рис. 36).

Количество насосных станций и их размещение определяются исходя из числа бассейнов стока, площади стока, общего протяжения водосточной сети города и расчетного расхода в коллекторах этой сети. При наличии значительных площадей стока, а также при большой протяженности дамбы вдоль берега реки следует предусматривать сооружение нескольких насосных станций.

Поскольку дожди выпадают неравномерно, поступление вод на насосные станции также характеризуется неравномерностью и периодичностью. Неравномерность стока в свою очередь связана с различным режимом работы насосных станций. Чтобы исключить это обстоятельство, целесообразно устройство на насосных станциях регулирующих емкостей-резервуаров. Сооружение регулиру-

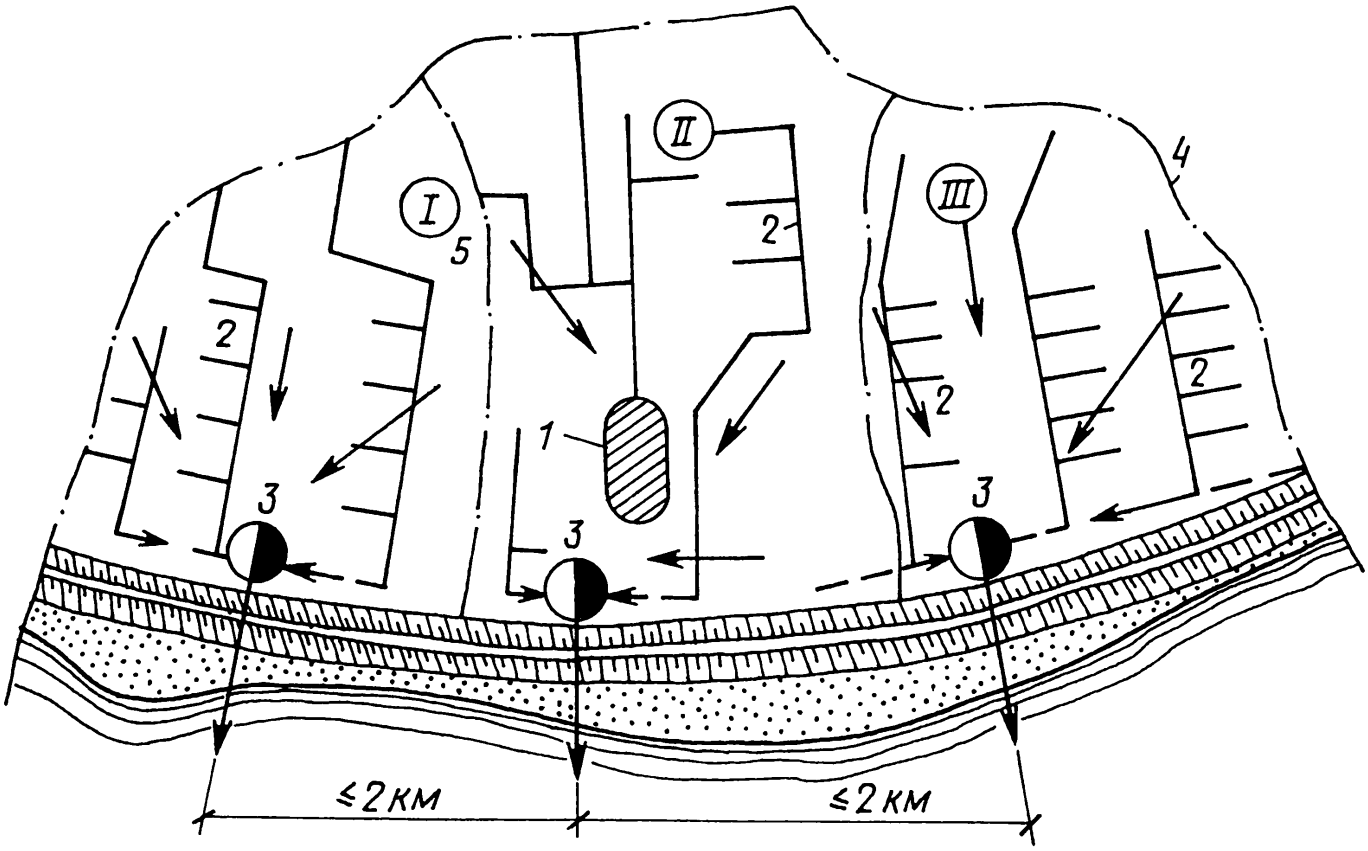



*Рис. 36. Схема организации стока поверхностных вод с механической перекачкой:*
*1 — накопной бассейн; 2 — водосточный коллектор; 3 — насосная станция; 4 — граница общего бассейна стока; 5 — номер бассейна стока*

ющих емкостей дает возможность создать оптимальные условия работы станций, а также позволяет уменьшить мощность насосов за счет увеличения времени перекачки поверхностных вод.

Аккумуляция поверхностных вод производится в основном в подземных резервуарах. Они могут размещаться отдельно от здания насосной станции или быть совмещены с ней. В некоторых случаях аккумулирующей емкостью могут служить и накопительные бассейны, из которых вода перекачивается через тело дамбы.

Насосные станции для перекачки поверхностных вод размещаются на свободных участках городской территории в пониженных местах вблизи дамб обвалования. Территория, примыкающая к станциям перекачки, озеленяется. Насосные станции работают в автоматическом или полуавтоматическом режимах, что позволяет уменьшить объем регулирующего резервуара. Пуск и остановка насосных агрегатов осуществляется в зависимости от наполнения резервуара, т.е. уровня воды в нем.

Подъем уровня воды во время половодья или паводка и при сооружении водохранилища влечет за собой повышение уровня грунтовых вод на обвалованных территориях, а иногда и при сплошной подсыпке. Подтоплению подвергается вся территория города или его часть, что зависит от горизонта высоких вод, рельефа местности, коэффициента фильтрации грунтов, глубины залегания водоупора. Поэтому необходимо помнить, что при защите городских территорий от затопления важнейшим мероприятием является защита ее и от подтопления грунтовыми водами.

Понижение и стабилизация горизонта грунтовых вод на подтопляемой территории осуществляется путем устройства дренажной сети — берегового дренажа с перекачкой собранных дренажных вод в реку или водохранилище. Цель берегового дренажа — перехват потока грунтовых вод, которые фильтруются че-

рез тело дамбы и ее основание, и стабилизация уровня грунтовых вод на защищаемой территории, соответствующего норме осушения.

Трасса берегового дренажа обычно проходит вдоль дамбы обвалования со стороны городской территории. Наличие берегового дренажа ни в коей мере не исключает аналогичного устройства, входящего в конструкции дамбы. В береговом дренаже используются как горизонтальный, так и вертикальный типы дренажей. В зависимости от местных условий, в первую очередь рельефа территории и гидрогеологических особенностей, используются однолинейная или двухлинейная системы дренажей. При однолинейной системе прокладывается дренаж вдоль дамбы. При двухлинейной системе одна линия трассируется у дамбы, а другая вдоль высокого берега. Двухлинейная система применяется в случае поступления значительного потока грунтовых вод со стороны водораздела, который может вызвать подтопление городской территории и при большой ширине поймы. Собранные грунтовые воды поступают на насосные станции, которые целесообразно устраивать объединенными для перекачки как дренажных, так и поверхностных вод.

**Сравнительная характеристика мероприятий.** Способ защиты городской территории от затопления следует выбирать с учетом технико-экономических показателей, градостроительных задач и условий эксплуатации сооружений.

При сплошной подсыпке объемы земляных работ значительно больше, чем при сооружении дамб. Однако при обваловании территории усложняются системы отвода поверхностных и дренажных вод, требующие устройства насосных станций, что удорожает строительство. Помимо этого требуется постоянное наблюдение за состоянием дамб и насосных станций, т.е. условия эксплуатации в этом случае значительно более сложные, чем при сплошной подсыпке территории.

Необходимо учитывать условия застройки защищаемой от затопления территории. Сплошная подсыпка позволяет проводить инженерную подготовку территории отдельными участками и застройку этих участков в той же последовательности с гарантией их незатопления. При защите территории от затопления методом обвалования приступить к застройке можно лишь после сооружения дамб на всем их протяжении. В определенных случаях это обстоятельство может играть основную роль в выборе способа защиты от затопления.

Гарантия незатопления территории города при возможных авариях и повышении уровня воды выше расчетного горизонта более высокая при сплошной подсыпке. В то же время сплошная подсыпка не может быть произведена при наличии в зоне затопления существующей капитальной застройки, ценных зеленых насаждений, архитектурных и исторических памятников и пр. Однако сплошная подсыпка, как уже говорилось, позволяет приблизить городскую застройку к воде, в то время как дамбы отделяют город от водного пространства и затрудняют выход городской застройки к воде, что с градостроительной точки зрения нежелательно.

# Глава 5. Защита территории от подтопления

Подземные воды — одно из важных природных условий. Они имеют большое значение как источник водообеспечения, хотя в настоящее время в основном, главным источником водоснабжения для различных хозяйственных нужд служит поверхностная вода рек и других водоемов. Вместе с тем реки, озера, водохранилища, пруды — лишь видимая часть воды, основной объем которой находится под землей. Так, почти под каждой рекой протекает другая (подрусловый сток), под каждым озером находится другой водоем, объемы подземных вод могут во много раз превышать поверхностные.

Подземные воды распространены почти повсеместно. Известны пресные

«моря» под песками Сахары и Кызылкумов, под степями Казахстана, Западной Туркмении и в других засушливых районах. Запасы подземных вод в земной коре только до глубины 800 м ориентировочно составляют 4 млн/км$^3$. Все реки земного шара могут заполнить такой объем лишь за 100 лет.

Наряду с той, бесспорно, положительной ролью, которую играют грунтовые воды в жизни людей, их распространение связано с отрицательными явлениями. При высоком уровне подземные воды вызывают подтопление территории, ухудшают физико-механические свойства оснований фундаментов, затрудняя строительство и эксплуатацию зданий и сооружений, затапливают подвальные помещения, приводят к эрозии почв, росту оврагов, активизации оползневых явлений и пр. Выходя на поверхность или приближаясь к ней, они образуют болота и заболоченности. Особенно активно подтопление территории происходит в районах массовой жилой застройки на макропористых просадочных грунтах. Так, за последние 50—60 лет оказались подтопленными почти 70 % территорий городов юга РФ и Украины.

В сельском хозяйстве при орошении земель в засушливых и полузасушливых районах часто происходит засоление почв вследствие подъема подземных вод вместе с растворенными в них солями. Поэтому в случае подтопления территории при высоком горизонте подземных вод необходимо осушать городскую территорию и понижать уровень стояния подземных вод. При разработке мероприятий инженерной подготовки по понижению горизонта подземных вод необходимо в первую очередь знать свойства горных пород по отношению к воде (водопроницаемость, водоотдача, влагоемкость и пр.), источники питания подземных вод, виды подземных вод и их движение в земной коре.

### *5.1. Горные породы и подземные воды*

**Свойства грунтов.** Горные породы, которые слагают верхний слой земной поверхности, именуются грунтами. Грунты разделяют на **скальные** и **рыхлые**. Рыхлые грунты, обычно используемые в градостроительстве, в свою очередь подразделяются на **крупнообломочные**, **песчаные** и **глинистые**. К крупнообломочным относятся грунты, содержащие зерна размером более 2 мм (гравий, галька, валуны). Песчаные грунты — породы с размером частиц 0,1—2 мм (крупно-, средне- и мелкозернистые пески). Глинистые породы содержат частицы размером 0,005—0,0001 мм. Промежуточные породы между песками и глинами — супеси и суглинки.

Наличие в грунтах частиц различных размеров определяет характерные свойства грунтов. Например, обломочные породы имеют хорошую водопроницаемость, но в них отсутствует капиллярность: пески тоже водопроницаемы, но они обладают капиллярностью. Вообще, с уменьшением размеров частиц водопроницаемость грунтов уменьшается, а капиллярность возрастает. Глины обладают пластичностью, капиллярностью и большой влагоемкостью, для воды они практически водонепроницаемы.

Все грунты разделяются на **водопроницаемые** и **водонепроницаемые** (водоупоры). Первые поглощают воду и транспортируют ее в своей среде, вторые ее не пропускают и, подстилая водопроницаемые водоносные слои, служат для них водоупором. Основное водное свойство грунтов — **водопроницаемость**, т.е. способность породы быстро поглощать воду и пропускать ее через себя. Скорость фильтрации воды в грунте зависит от размеров пор, поэтому в породах с крупными порами наблюдаются большие скорости фильтрации. В обломочных породах скорости движения воды больше, чем в мелкозернистых песках. В глинах скорость фильтрации воды практически равна нулю.

Водопроницаемость характеризуется **коэффициентом фильтрации** (м/сут), который зависит от грунта и изменяется в значительных пределах; 0,005 и менее (глины) до 200 и более (трещиноватые закарстованные известняки, галечник). По степени водопроницаемости все породы

разделяются на три группы (по Ф.П. Саваренскому); водопроницаемые — коэффициент фильтрации более 1 м/сут (крупнообломочные породы, галечники, пески); полупроницаемые — коэффициент фильтрации 1—0,001 м/сут (глинистые пески, супеси, лессы); практически непроницаемые (водоупорные) — коэффициент фильтрации менее 0,001 м/сут (глины, мергели). Большое практическое значение имеют такие свойства грунтов, как влагоемкость и водоотдача.

**Влагоемкость** определяет способность породы вмещать и удерживать некоторый определенный объем воды при обеспеченном стекании. Различают влагоемкость полную, капиллярную и молекулярную. Полная влагоемкость характеризуется полным заполнением водой всех пор породы. **Капиллярная** влагоемкость — наличие в породе лишь капиллярной воды, связанной силами капиллярного натяжения, в то время как свободная вода ушла из породы в результате обеспеченного стекания. **Молекулярная** влагоемкость — наличие только пленочной воды, которая удерживается на частицах породы силами молекулярного притяжения. Влагоемкими породами являются торф, глина, суглинок и др. К слабовлагоемким относятся глинистые породы, лёсс, мергель и др.; к невлагоемким — песок, гравий, изверженные и скальные осадочные породы.

Водоотдача характеризует свойство породы отдавать часть воды посредством ее стекания. Она определяется разностью между полной и молекулярной влагоемкостью. Крупнозернистые породы обладают бóльшей водоотдачей, чем мелкозернистые. В глинах водоотдача практически равна нулю.

Отрицательное воздействие, главным образом на конструкции дорожных покрытий (вспучивание грунта и разрушение дорожных одежд), оказывают так называемые **капиллярные воды**. Под **капиллярностью** понимается способность грунтов подтягивать воду по капиллярам от основного горизонта подземных вод и увлажнять вышележащие слои. Высота подъема воды в капиллярах зависит от их размеров: чем они тоньше, тем выше окончательный подъем воды в породе. В обломочных и крупнозернистых грунтах при размерах зерен более 2 мм капиллярность отсутствует, а глины, напротив, обладают наибольшей высотой капиллярного подъема, достигающей 400—500 см.

Помимо капиллярных вод, которые связаны с основным горизонтом подземных вод, обеспечивающих их питание, существуют **подвешенные** капиллярные воды. Они появляются при инфильтрации атмосферных осадков с поверхности почвы в нижележащие слои, сложенные мелкозернистыми породами, которые подстилаются крупнозернистыми песками. Поскольку просачивающиеся атмосферные осадки выходят в крупнозернистые подстилающие породы, то капиллярная вода удерживается силами капиллярного натяжения только в вышележащих тонкозернистых породах, т.е. находится как бы в подвешенном состоянии.

**Подземные воды.** Все вышесказанное свидетельствует о том, что в грунтах находятся свободная (гравитационная) вода, заполняющая поры породы и двигающаяся по ним в результате просачивания под воздействием силы тяжести, а также капиллярная вода, поднятая по капиллярам силами поверхностного натяжения, и подвешенная вода.

Источниками питания подземных вод на территории города являются атмосферные воды, проникающие в грунт путем инфильтрации (просачиванием) осадков; русловые воды рек и водоемов, проникающие в береговой грунт в результате их фильтрации; подземные воды, поступающие к территории города по водоносным слоям с более высоких территорий вследствие разности отметок. Основные из перечисленных источников питания — атмосферные осадки. При плохой организации стока поверхностных вод и наличии хорошо проницаемых грунтов создаются благоприятные условия для инфильтрации воды с поверхности. Просочившаяся в почву вода под воздействием силы тяжести опускается в более глубокие слои до тех пор, пока не встретит на своем пути водо-

упорные породы. Над водоупором происходит задержание и накапливание подземных вод в водовмещающих породах.

Подземные воды разделяются на ряд видов. К основным относятся: верховодка, подвешенные воды, основной горизонт, межпластовые воды.

**Верховодка** образуется на слабопроницаемых линзах и сравнительно небольшой глубине. Это происходит, как правило, при снеготаянии и обильных дождях. Площадь ее распространения незначительна. При отсутствии поступления влаги с поверхности почвы, например, в засушливые годы или в зимний период, верховодка может исчезнуть и появиться вновь после переувлажнения почвы. Образование верховодки во многом зависит от организации поверхностного стока и общего благоустройства городской территории.

**Подвешенные воды** образуются в результате инфильтрации атмосферных осадков на участках слабопроницаемых грунтов. Они не имеют водоупора и удерживаются в грунте капиллярным натяжением. Как правило, эти воды сохраняются в течение короткого времени и их образование зависит также от благоустройства территории и организации стока поверхностных вод.

**Основной горизонт** часто называют грунтовыми водами. Это первый водоносный слой от поверхности земли. Он чаще всего распространяется на обширной площади, располагается на водоупоре и имеет определенные закономерности изменения уровня в зависимости от климатических условий и выпадения осадков. Основной горизонт имеет наибольшее значение в подтоплении городских территорий, он встречается достаточно часто на сравнительно небольшой глубине от поверхности, поэтому ему следует уделять большое внимание при проектировании города, его застройке и благоустройстве.

**Межпластовые воды** — подземные воды, расположенные между двумя водоупорами (водонепроницаемыми слоями). Они могут быть безнапорными и напорными (артезианскими). Залегая на сравнительно большой глубине, эти воды редко подтапливают городские территории. Однако в некоторых случаях в верхнем водоупорном слое возможно капиллярное поднятие воды, что может вызвать избыточное увлажнение грунта или подтопление территории.

Режим подземных вод не остается постоянным. Их горизонт имеет среднегодовое колебание от максимального в период наибольшего увлажнения почвы до минимального. Разность отметок между этими уровнями называется амплитудой колебаний. Она зависит от климатических условий местности. При защите городской территории или отдельных сооружений от подтопления подземными водами для расчетов принимается максимальный уровень возможного их подъема.

Большое влияние на изменение уровня подземных вод оказывает хозяйственная деятельность. Выпуск промышленных, хозяйственно-бытовых и ливневых стоков иногда приводит к повышению уровня подземных вод, утечки воды из сети водопровода, канализации или резервуаров воды также могут привести к увеличению количества воды в почве. Все эти явления необходимо учитывать при оценке гидрогеологических условий территории и при выборе методов ее осушения.

Возможность использования подземных вод для водоснабжения и в других целях устанавливается путем изучения их физических, химических и бактериологических свойств, степеней и характера загрязнения. Большое внимание уделяется исследованиям подземных вод на агрессивность по отношению к металлам, железобетону, каменным конструкциям и пр.

### *5.2. Методы защиты от подтопления, дренажи и их системы*

Задачи инженерной подготовки при подтоплении городской территории — понижение уровня подземных вод в целях осушения территории и защита зданий и сооружений от затопления — решаются устройством дренажных систем

в комплексе с вертикальной планировкой, организации поверхностного стока и благоустройства территории.

В зависимости от назначений территории устанавливают наивысший допустимый уровень подземных вод. Наименьшая глубина от поверхности земли до наивысшего уровня подземных вод определяется как норма осушения. Для участков, предназначенных под застройку жилыми и общественными зданиями, норма осушения принимается не менее 2 м (от проектной отметки территории), для стадионов, парков, скверов — не менее 1 м. Для территорий с застройкой зданиями, имеющими подвальные помещения служебного или хозяйственного назначения, норма осушения 0,5—1 м от отметки пола помещения, для территории под сельскохозяйственными культурами — 0,5—1 м в зависимости от их вида.

Осушение территории с высоким уровнем подземных вод, т.е. достижение требуемой нормы осушения, можно произвести различными способами. Наиболее простое решение, одновременно обеспечивающее целый комплекс других градостроительных задач, — правильная организация стока поверхностных вод и высокий уровень благоустройства застраиваемой территории.

Эти мероприятия, хорошо разработанные и осуществленные в полном объеме, способствуют понижению горизонта подземных вод на городской территории, поскольку значительно уменьшается инфильтрация осадков в грунт с поверхности. Кроме того, они оказывают влияние непосредственно на источник питания подземных вод, основным из которых, как отмечалось выше, являются атмосферные осадки.

**Дренажи и их типы.** Осушить территорию можно и не затрагивая непосредственно грунтовые воды. При этом требуемая норма осушения достигается подсыпкой территории, т.е. повышением планировочных отметок поверхности. В этом случае увеличивается глубина от проектной отметки территории (поверхности земли) до горизонта подземных вод. Данное мероприятие применяется для территорий, расположенных в равнинных условиях рельефа. Наиболее часто сплошная подсыпка территории производится в случае защиты ее от затопления при подъеме уровней воды. При этом сплошная подсыпка территории играет двоякую роль — защита от затопления и одновременно мероприятие по осушению территории.

Основной способ осушения территории — устройство дренажа. Дренаж — инженерное сооружение, предназначенное для искусственного понижения уровня подземных вод или их полного перехвата, рассчитанное на длительный период непрерывного действия. Осушающее действие дренажа основано на отводящей способности конструкции дрены, опущенной под водоносный горизонт, за счет чего понижается уровень подземных вод.

Дренажные системы представляют собой отдельные линии или дренажную сеть, состоящую из различных элементов. В зависимости от конструкции приемных устройств и расположения дрен в водоносном слое дренажи разделяются на горизонтальные и вертикальные. В горизонтальных дренажах осушающее действие обусловлено самотечным движением подземных вод, которые поступают в дрены из-за значительного увеличения коэффициента фильтрации дрены по отношению к окружающему грунту. В системе вертикальных дренажей отвод и понижение уровня подземных вод осуществляется созданием разряжения в системе с помощью насосов.

По конструктивным решениям дренажи подразделяются на открытый: закрытый простейшего типа; закрытый трубчатый; галерейный; пластовый, пристенный; вертикальный (рис. 37).

**Открытый дренаж** — открытые канавы или траншеи различной глубины, как правило, до 2 м. При малой глубине стенки канавы имеют естественные откосы, с увеличением глубины они укрепляются. Для уменьшения размеров поверху траншеи выполняют с вертикальными стенками, при этом их делают с креплением из щитов или деревянных рам с распор-

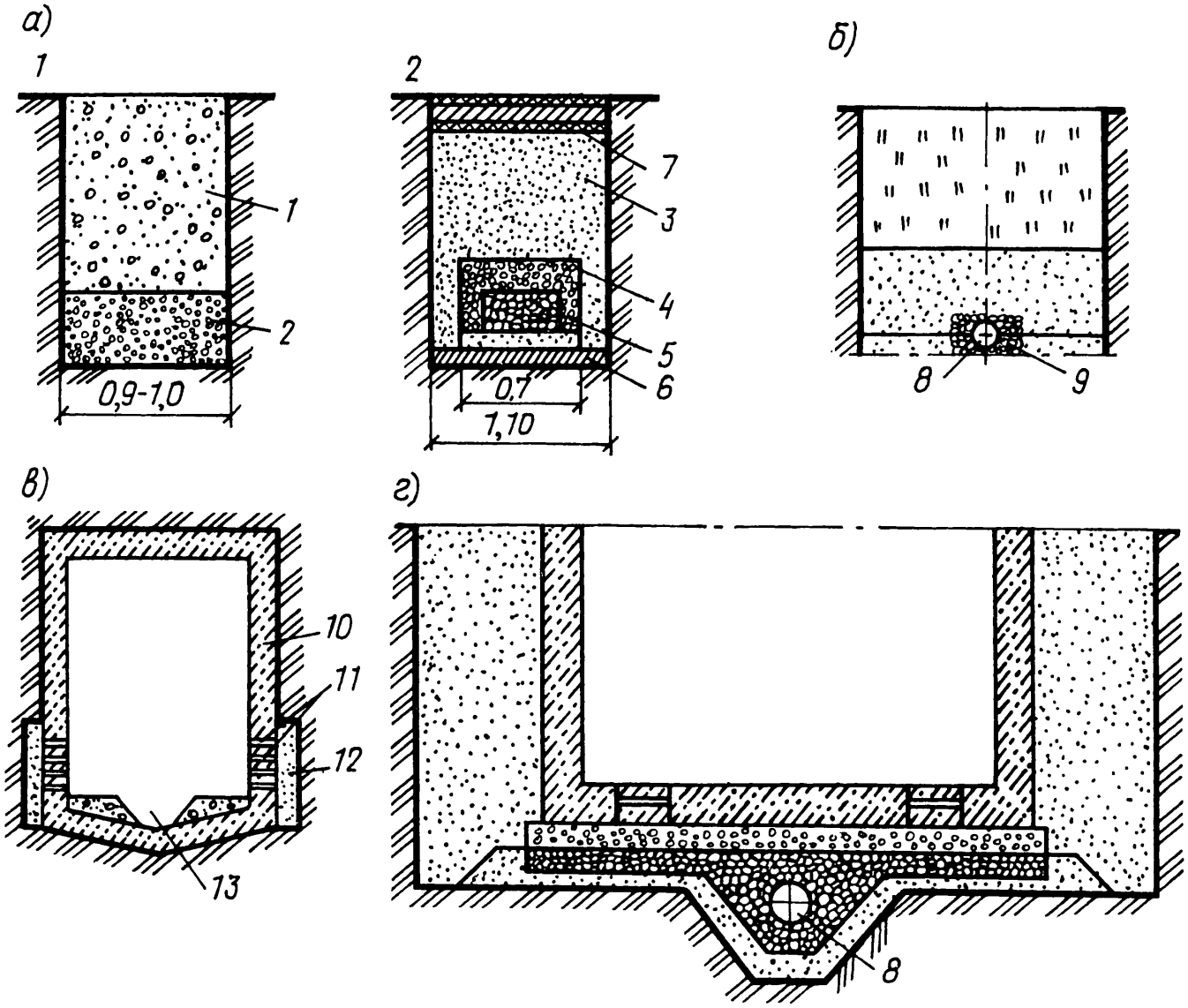



*Рис. 37. Конструктивные решения дренажей:*
***а** — закрытый дренаж простейшего типа; **1** — щебеночный дренаж; **2** — каменно-щебеночный дренаж; **б** — закрытый, трубчатый дренаж; **в** — галерейный дренаж; **г** — пластовый дренаж; **1** — местный грунт; **2** — щебень или гравий; **3** — песок; **4** — гравий; **5** — каменная выкладка; **6** — глмнобетонная подушка; **7** — два слоя дерна с глиняной прослойкой; **8** — дренажная труба; **9** — дренируюная обсыпка; **10** — бетон; **11** — водоприемные отверстия в стенках; **12** — дренирующий слой песка; **13** — лоток в галерее*

ками. Прием грунтовых вод осуществляется через щели в щитах, они поступают в бетонный лоток, по которому отводятся благодаря продольному уклону дна траншеи. Открытый дренаж является простейшим типом дренажа, и применение его в городских условиях недопустимо. Он может устраиваться на незастроенной территории, в пригородной зоне, в зонах отдыха, на территориях дачных поселков. Но и в этих случаях открытый дренаж необходимо рассматривать как временное сооружение, которое в последующем должно быть заменено закрытым дренажом.

**Закрытый дренаж простейшего типа** — траншеи, заполненные дренирующим материалом и засыпанные песком или местным грунтом до планировочной отметки поверхности земли. Такая конструкция позволяет использовать территорию в градостроительных целях, но не может обеспечить стабильность горизонта пониженных подземных вод. При этом закрытый дренаж с дренирующим материалом подвержен частому засорению частицами грунта, поступающими в него вместе с грунтовыми водами, а прочистка его весьма затруднена из-за необходимости вскрывать траншеи. Все это опре-

деляет область его применения — пригородная зона, участки зеленых насаждений, территории с некапитальной временной застройкой, плоскостные спортивные сооружения.

**Закрытый трубчатый дренаж** наиболее совершенный и соответствует высокой степени благоустройства городской территории. Он состоит из дренажной трубы, отводящей собранную воду, и дренирующей обсыпки, захватывающей подземные воды. Траншея, в которой проложен трубчатый дренаж, полностью засыпается местным грунтом. По трассе дренажа устанавливаются смотровые колодцы, обеспечивающие осмотр, контроль и прочистку дренажной трубы. Применяются дренажные трубы из различного материала — керамические, бетонные, асбестоцементные. Они имеют незаделанные стыки, щели, специальные отверстия, через которые грунтовые воды поступают в трубы.

Дренирующая обсыпка выполняется из фильтрующего материала — гравия, щебня, крупнозернистого песка. Обсыпка играет важную роль в конструкции дренажа, как промежуточный слой между водоносным грунтом и водоприемными отверстиями дренажных труб. С ее помощью происходит захват грунтовых вод и предотвращение засорения дренажной трубы мелкими фракциями водоносного грунта.

Сложность подбора состава обсыпки и ее укладки — главные недостатки трубчатых дренажей с фильтрующей обсыпкой. Для устранения этих недостатков разработаны и освоены конструкции дренажа на основе трубофильтров. Они представляют собой пористые трубы, сами стенки которых выполняют функции обсыпки. Трубофильтры выполняются из пористого бетона, керамзитобетона, керамзитостекла.

Закрытый трубчатый дренаж обеспечивает стабильное расчетное понижение уровня грунтовых вод, поддерживая необходимую норму осушения, что обеспечило ему широкое применение при защите городской территории от подтопления подземными водами.

**Галерейный дренаж** — бетонные или железобетонные галереи проходного или полупроходного типа с лотком для отвода дренажных вод и водоприемными отверстиями в нижних частях стенок, которые отсоединяются от водоносного грунта дренирующим слоем. Прокладывают галереи открытым способом или с помощью подземных проходок. Галерейный дренаж применяют при больших потоках подземных вод, в особо неблагоприятных условиях, главным образом в оползневых районах.

**Пластовый дренаж** используют для приема и отвода подземных вод от отдельных объектов и сооружений, причем наиболее часто в основании подземных коллекторов для прокладки инженерных коммуникаций, а также под основанием дорожных конструкций. Он может служить и для защиты от подтопления подвальных помещений зданий. В этом случае он иногда совмещается с пристенным дренажом.

**Пристенный дренаж** устраивают при защите фундаментов зданий для перехвата грунтовых вод и верховодки. Он представляет собой ленточный дренаж, состоящий из дренажных труб с фильтрующей обсыпкой, укладываемых с наружной стороны здания. Фильтрующая обсыпка перехватывает поступающие к зданию подземные воды, которые по трубам отводятся за пределы данного сооружения.

**Вертикальные дренажи** применяют главным образом при большом потоке подземных вод и в случае необходимости их перехвата на значительной глубине. Они состоят из групп трубчатых колодцев, представляющих собой дрены — осушители, объединяемые водоотводящими трубами, которые соединены с насосной станцией. Собранные дренажные воды с помощью вакуумных установок поступают в приемный резервуар насосной станции, а затем перекачиваются насосами в места их сброса — коллекторы городской водосточной сети или различные водотоки и водоемы.

Вакуумные установки применяются двух видов — сифонные и с постоянной работой насосов. В случае использования

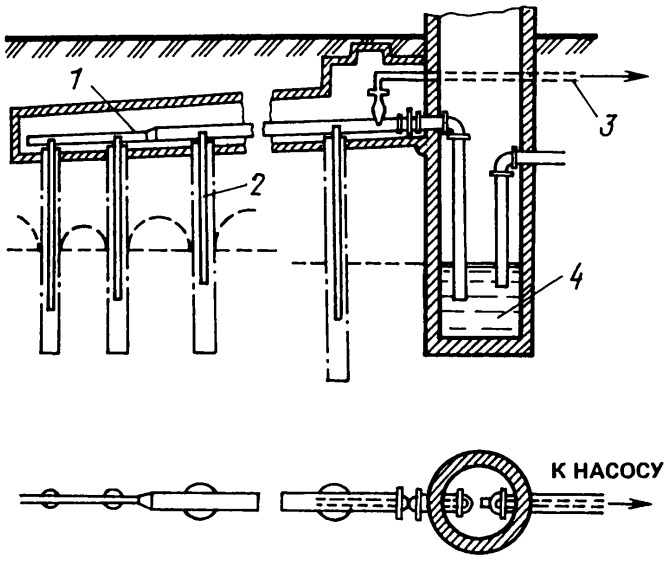



*Рис. 38. Схема устройства вертикального дренажа с сифоном:*
*1 — сифонный трубопровод; 2 — всасывающая труба; 3 — к вакуум-насосу; 4 — приемный резервуар*

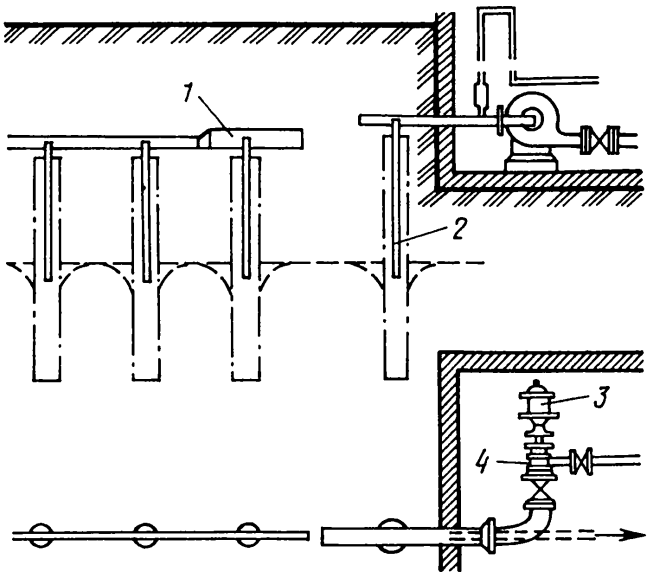



*Рис. 39. Схема устройства вертикального дренажа со всасывающим трубопроводом:*
*1 — всасывающий трубопровод; 2 — всасывающая труба; 3 — электромотор; 4 — насос*

сифонной системы вода отсасывается из грунта и удаляется водоотводящими коллекторами. Эффект отсоса достигается обеспечением разности давления между динамическим уровнем воды в трубчатом колодце-дрене и горизонтом воды в резервуаре (рис. 38). Этот перепад создает вакуум в водозаборе, вследствие чего уровень воды в грунте может быть понижен до 6—7 м. Эта система работает лишь при постоянном заполнении водой, поэтому дрены подключают к вакуумному насосу, который используется не только для отсоса воздуха из системы перед началом работы, но и для периодического его удаления. После заполнения водой система начинает работать самотеком, сливая дренажную воду в приемный резервуар.

Водопонижение при использовании вакуумной системы другого вида обусловлено постоянной работой насоса, так как в ней отсутствует приемный резервуар (рис. 39). В этом случае затруднено регулирование работы системы, а также увеличиваются потери электроэнергии вследствие постоянной работы насосов.

При работе вертикальных дренажей вокруг каждого колодца образуется воронка, очертание которой представляет собой кривую депрессии. Когда имеется ряд или группа колодцев, депрессионные кривые соединяются и образуют общую депрессию подземных вод. Наиболее часто вертикальный дренаж применяют в качестве берегового дренажа для перехвата вод, фильтрующихся их реки или водоема, а также для защиты от подтопления сооружений, имеющих большую глубину от поверхности земли (подземных многоэтажных гаражей, тоннелей и т.д.).

По отношению к водоупорному слою различают дренажи совершенного и несовершенного типа. Если дренаж заложен под водоносный слой на водоупоре, его называют совершенным, а если дренаж размещен в толще водоносного слоя до водоупора, то несовершенным.

**Дренажные системы.** В зависимости от мощности потока подземных вод, назначения дренажа, его расположения по отношению к защищаемой территории и источнику поступления грунтовых вод применяются следующие дренажные системы: однолинейные, с горизонтальными или вертикальными дренами, которые перехватывают грунтовые воды, поступающие на защищаемую территорию, с одной стороны, двухлинейные с устройством двух дренажных линий для защиты территории от грунтовых вод, поступающих с двух сторон в виде системы

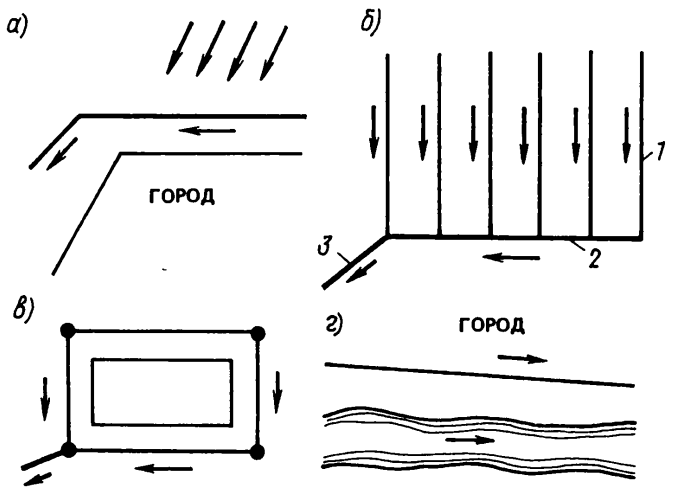



*Рис. 40. Типы дренажей (дренажные системы): а — головной дренаж; б — систематический дренаж; в — кольцевой дренаж; г —береговой дренаж; 1 — дренаж-осушитель; 2 — дренаж-собиратель; 3 — отводящий коллектор*

дренажных линий (систематический дренаж), которые располагаются на значительной по площади территории для защиты ее от подтопления грунтовыми водами.

При защите городской территории от подтопления грунтовыми водами, имеющими различные источники питания, применяются головной, береговой, кольцевой, систематический и специальный дренажи (рис. 40).

**Головной дренаж** предназначен для перехвата потока подземных вод, поступающего в направлении к городу.

**Береговой дренаж** защищает территорию города от подтопления фильтрационными водами со стороны реки или иного водоема. Кольцевой дренаж применяют для защиты отдельных зданий и сооружений и прокладывают по их контуру. Систематический дренаж предназначен для осушения сравнительно больших по площади территорий с высоким уровнем горизонта подземных вод. Применяется на территориях микрорайонов, жилых районов, парков, садов и т.д. Специальный дренаж служит для перехвата грунтовых вод при неблагоприятных природных условиях и физико-геологических процессах. Дрены специального назначения прокладывают у оврагов, на оползневых склонах и пр.

## *5.3. Принципы проектирования дренажных систем*

Мероприятия по осушению территории намечаются в генеральной схеме осушения территории, которая является составной частью комплексного проекта планировки и застройки городской территории. В генеральной схеме осушения территории разрабатываются рекомендуемые варианты понижения подземных вод на участках или на всей территории, используемой в градостроительных целях. При выборе наиболее целесообразного варианта дренажной системы учитываются технико-экономические показатели, в первую очередь стоимость строительства, организация работ и технические особенности строительства, очередность работ по прокладке дренажей и застройке территории и т.д.

Разработка проекта дренажных систем производится на основе генерального плана осваиваемой территории, материалов инженерно-геологической съемки, материалов бурений или прохождения шурфов на глубину ниже водоносного слоя на 2—3 м, характеристики водоносного слоя, условий питания подземных вод, гидрографической сети — наличия рек, ручьев, озер и пр.

Основные исходные данные для проектирования дренажных систем: строение и характеристика почвогрунтов; глубина заложений водоносного слоя и водоупора; мощность водоносного слоя, характеристика водоносного горизонта и режим грунтовых вод (условия питания, площадь распространения подземных вод, фильтрационная способность грунтов, изменение уровня грунтовых вод во времени и т.д.), химический состав подземных вод.

При проектировании и расчете дренажных систем в первую очередь на основании генерального плана застраиваемой территории устанавливаются нормы осушения в зависимости от назначения отдельных участков территории. Изучение природных условий по материалам геологических и гидрогеологических изысканий позволяет выявить источники пита-

ния подземных вод и установить границы территории, подверженной подтоплению этими водами. Затем производятся выбор и технико-экономическое обоснование дренажной системы для осушения подтапливаемой территории и ее проектирование (начертание в плане, продольные профили по дренам и коллекторам, необходимые сооружения и устройства).

Дренажные системы проектируются на основе гидрогеологического и гидравлического расчетов. Гидрогеологическим расчетом определяется расчетный расход (дебит) дрен и коллекторов и строятся депрессионные кривые недренируемой территории. Гидравлическим расчетом устанавливается пропускная способность водоотводящих устройств, определяются продольные уклоны, размеры (диаметры) этих устройств и скорости течения воды в них.

В случае питания подземных вод атмосферными осадками с последующей их инфильтрацией на дренируемой территории необходимо разработать комплекс мероприятий, включающий вертикальную планировку территории, организацию стока поверхностных вод и при необходимости устройство дренажной системы.

При питании грунтовых вод подземным потоком основным мероприятием по осушению территории является устройство дренажной системы.

# Глава 6. Борьба с оврагами

## *6.1. Виды оврагов и причины их образования*

Овраги — продукт эрозии, т.е. размыва пород текучей водой временными потоками, образующимися в результате атмосферных осадков (дождей, ливней, таяния снегов). Такие временные потоки на возвышенно-равнинных участках ведут к оврагообразованию.

Овраги развиваются на склонах возвышенностей или берегов рек из небольших промоин в результате стока по ним дождевых и талых вод. Поверхностный сток углубляет промоину, причем глубина и ширина поверху увеличивается до десятков метров с одновременным ростом длины. Чем больше поверхностный слой и скорость течения, тем быстрее размываются рыхлые породы. Наиболее неустойчивы слабопроницаемые глинистые грунты. Сыпучие породы, такие, как песок, легко пропускающие воду, разрушаются в редких случаях.

Верховье оврага называется истоком, а место его впадения в водосток или водоем — устьем. Глубина оврага, т.е. размыва дна или эрозии, определяется уровнем воды в водотоке или водоеме. Этот уровень называется базисом эрозии. Овраг развивается в пределах определенной водосборной площадки, поскольку сток поверхностных вод происходит по пониженным участкам. В связи с этим развитие оврага начинается от его устья и рост его в длину заканчивается у водораздельной границы, где водосборная площадь приближается к нулю. По другую сторону водораздела развиваются овраги, имеющие противоположное направление, и их рост зависит уже от других водосборных площадей. Таким образом, водораздел является границей продольного роста оврага.

Овраги подразделяются на береговые (размыв берегов) и донные промоины. Под донными оврагами понимаются размывы, идущие по дну лощин и балок (рис. 41). Они возникают и развиваются в связи с вырубкой леса, распашкой склонов и неумеренным выпасом скота в балках. Береговые овраги — размыв берегов при концентрации стоков вдоль канав, троп и т.д. Разновидность берегового размыва — отвершковый (размыв коротких; отвершковых балок) и вершинный размывы (размыв вершины балок) (рис. 42, 43).

Положение базиса эрозии приводит к активизации роста оврага, в этом случае происходит как бы омолаживание оврага. Положение базиса эрозии ограничивает рост оврага в глубину и, как следствие, развитие ширины оврага поверху. Тем не менее существуют овраги глубиной 50 м и более, длиной в некоторых случаях 5—10 и даже 20 км.



*Рис. 41. Донный овраг (Белгородская область)*

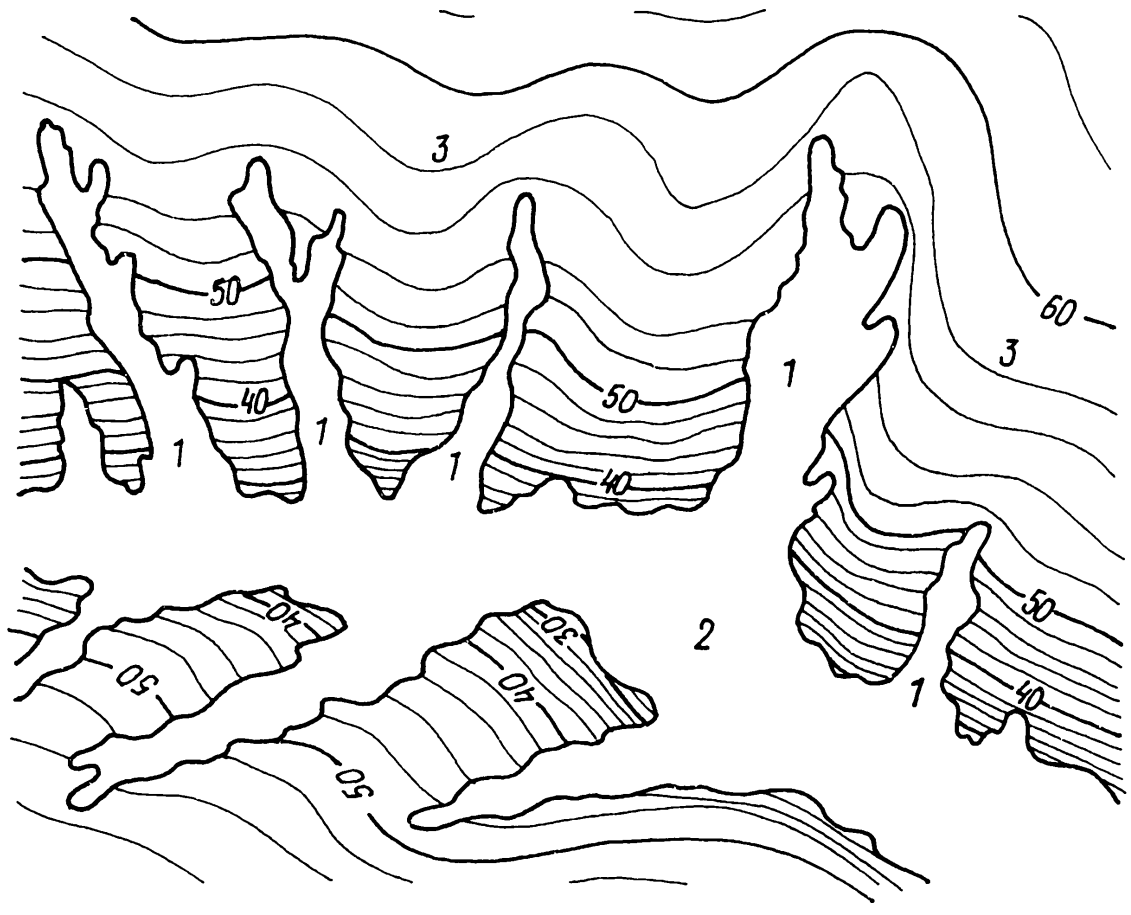



*Рис. 42. Отвертковый размыв:*
***1** — отвертки; **2** — основной овраг; **3** — склон*



*Рис. 43. Вершинный размыв*

В зависимости от рельефа и геологических условий местности овраги в плане могут иметь ствольную, разветвленную и древовидную конфигурацию. Ствольные овраги могут иметь прямолинейные и криволинейные очертания. Склоны таких оврагов слабо изрезаны мелкими оврагами, отвертками, размоинами.

Разветвленные овраги состоят из двух стволов с общим устьем, очертания их криволинейны в плане. Примыкающие к таким оврагам территории более изрезаны мелкими оврагами и отвертками и размоинами. Древовидные овраги сильно разветвлены и занимают большую площадь.

Овраги также разделяются на действующие, затухающие и засыпанные (замытые). **Действующие** овраги опасны для прилегающих территорий и инженерных сооружений, попадающих в зону их воздействия. **Затухающие** овраги характеризуются стабильным состоянием, постоянством форм, размеров поперечных сечений и протяженности от водораздела до базиса эрозии. Такие овраги обычно зарастают, превращаясь в балки. **Засыпанные** овраги после окончания осадки грунта могут быть использованы в градостроительных целях. Развитию эрозионных процессов, появлению и росту оврагов способствуют физические свойства грунтов, отсутствие растительности на водоразделах и склонах, неровности рельефа склонов, наличие трещин в толще грунта (после его промерзания в зимний период), деятельность человека (разрытие на склонах, подкопы, неорганизованный сброс промышленных и хозяйственных вод, утечка воды из водопроводной сети, распашка и т.п.), большое количество выпадающих атмосферных осадков. Кроме того, ложе оврагов является своего рода естественной осушительной дренажной системой, поэтому на заовраженных территориях уровень подземных вод сильно понижен. Вновь развивающиеся овраги имеют крутые и обрывистые склоны, не имеющие растительного покрова. Затухающие овраги, как правило, бывают с пологими

склонами, поросшими травой и кустарником.

Эрозия почвы, которая ведет к появлению оврагов, распространена на значительных территориях, но наиболее грамотно она проявляется на крутых склонах, на выбитых скотом и расположенных в ложбинах, в балках и на берегах рек. Промоины и овраги быстро разрастаются и разрушают земельные территории, раздробляя их на малопроизводительные для сельского хозяйства участки, портят дороги, строения, улицы и т.д.

Овраги, эродированные покатные и крутые склоны и берега дают примерно 3/4 твердых выносов в реки в количестве нескольких сот миллионов тонн в год. На таких территориях пруды и водоемы быстро заносятся илом. Многие реки страны заметно обмелели в связи с заилением. На очистку рек, водоемов, водохранилищ от заносов затрачивается много средств и труда, но эти дорогостоящие работы не устраняют причин заносов.

Эродируемые почвы весьма распространены. В европейской части страны сильносмытых земель и крутых склонов, подверженных эрозии, насчитывается примерно 20 млн га. Общая площадь таких территорий по нашей стране достигает почти 50 млн га.

Районы, подверженные наиболее интенсивным процессам эрозии, расположены преимущественно в пределах основных возвышенностей, где сосредоточены водосборы главных рек страны: Волги, Днепра, Дона, Десны, Северного Донца, Днестра, их притоков, а также других рек. Сильнее всего эрозионные явления выражены в центре среднерусской возвышенности.

### *6.2. Мероприятия по стабилизации и благоустройству оврагов*

При инженерной подготовке территорий, предназначенных для городского строительства, сооружения крупных промышленных объектов, организации зон отдыха и т.п., проектировщикам и строителям нередко приходится сталкиваться с необходимостью полной или частичной ликвидации оврагов или же их обустройства. Борьба с оврагами очень важна и для успешного развития сельского хозяйства, особенно для увеличения площади пахотной земли. Поэтому устранение оврагов, их благоустройство, полноценное освоение заовраженных территорий представляет весьма актуальную проблему.

**Система мероприятий по борьбе с оврагами.** В зависимости от стадии развития оврагов применяют те или иные мероприятия по борьбе с ними. Так, на первой стадии развития для борьбы с овражкообразованием следует предусмотреть заравнивание промоин, посев многолетних трав, прекращение вырубки кустарников и лесов, планировку территории для упорядочения стока поверхностных вод.

На второй стадии могут быть применены те же мероприятия, но в гораздо бóльших масштабах. Кроме того, в таких случаях предусматривают укрепление дна оврага (мощением или сооружением лотков, запруд, плетней и других конструкций, способствующих задержанию и выпадению наносов), устройство обвалования и нагорных канав вдоль бровки откоса, задерживающих неорганизованный сброс поверхностных вод. На третьей стадии особое внимание должно быть уделено устранению боковых абразивных процессов. Здесь уместно устраивать у подножия склонов продольные плетневые ограды с забивкой их землей и проводить другие противоэрозионные мероприятия. И, разумеется, весьма эффективная мера — облесение склонов. На четвертой стадии крепление оврагов заключается в посеве многолетних трав на склонах, посадках кустарников и деревьев.

**Лесопосадки.** Правильно созданные и размещенные в зависимости от рельефа местности защитные лесопосадки в значительной мере задерживают противоэрозионные процессы, в берисных районах, где имеют место засухи, суховеи, пыльные бури, — содействуют накоплению и сохранению влаги в грунте. Для замедления процессов развития оврагов, регулирования стоков талых и ливневых

вод, сохранения снегового покрова от одувания его в овраг и т.п. создают специальные противоэрозионные лесопосадки. Приовражные лесополосы размещают в нижних частях склонов, прилегающих к бровке оврагов. Расстояние от бровки оврага до лесополосы принимают равным 4—5 м. Прибровочную полосу оставляют под природную одерновку.

При облесении оврагов с большим количеством отвершков, занимающих большую площадь, лесные полосы проектируют вокруг каждого ответвления (отвершка) при условии, что расстояние между ними превышает 100 м; при расстоянии меньшем, чем 100 м, проектируют одну общую полосу, а площадь между ответвлениями отводят под сплошное залесение или одерновку. Ширину приовражных полос принимают 12—24 м в зависимости от рельефа данной местности, степени развития эрозионных процессов, величины водного стока и т.д. Лесополосы бóльшей ширины (30—50 м) проектируют в исключительных случаях (при больших водосборных площадях с крутыми склонами, при поступлении значительных паводковых и ливневых вод, когда нельзя или неэффективно применять гидротехнические сооружения). Ширину приовражных лесополос проектируют большей при расчете на влияние вод от таяния снегов и меньшей в расчете на действие ливневых вод. В вершинах оврагов ширину лесопосадок принимают в 1,5 раза больше ширины основной полосы.

Защитные лесные посадки по откосам оврагов непосредственно связаны с приовражными зелеными полосами и являются дополнительным звеном в системе противоэрозионных мероприятий. Залесение дна оврагов применяют для прекращения размыва и подмыва, задержания твердого стока и т.п. При решении вопроса о залесении дна оврага и конуса выноса необходимо исходить из соображений целесообразного использования этой территории. У вершин оврагов, где проектируется водозадерживающие валы, лесомелиоративные посадки создаются между вершиной оврага и валом, размещаемым на расстоянии трех вершинных уступов. При облесении оврагов следует учитывать, что от их вершин к их устью условия роста лесопосадок на верхних и средних частях овражных откосов ухудшаются, и посаженные здесь древесные породы очень плохо растут или вообще погибают. Такая разница в росте древесных пород объясняется тем, что, как правило, верхние и средние части откосов бедны питательными элементами и отмечаются большой сухостью, в то время как в нижних частях этих же откосов скопления отложенных наносов почвы содержат гораздо больше питательных веществ. Температурный режим в нижних частях откосов складывается более благоприятным, чем в верхних частях. В верхних и средних частях откосов растительность довольно резко реагирует на экспозицию, характер склона, на нижних же частях это свойство не проявляется столь заметно.

При закреплении оврагов в населенных пунктах может быть рекомендовано их террасирование и озеленение. В таких случаях для декоративных целей может быть создано насаждение зелени по всему откосу. Насаждения по дну оврагов размещаются в зависимости от их типа, количества поступающей воды и ширины дна. Дно береговых оврагов можно и полезно озеленять лесопосадками сплошь. В данных оврагах остается необлесенной часть дна, достаточная для пропуска паводковых вод. В дальнейшем необлесенная часть зарастает порослью деревьев, хорошо закрепляется их корневой системой.

Необходимо отметить, что на дне глубоких облесенных оврагов создается зона большой тени, где посаженные деревья с возрастом пропадают. В таком случае середина дна шириной 2—3 м, а в некоторых случаях до 8—10 м остается безлесной и затягивается травянистой растительностью. Практически в данных оврагах нужно середину дна шириной примерно в 1,5 м оставлять необлесенной.

Опыт показывает, что овражные культуры зелени нужно создавать из быстрорастущих пород. Тогда они сомкнут-

ся своими кронами в течение первого же года своей жизни и хорошо затянут грунт под своим пологом. Однако и для быстро растущих малотребовательных пород надо создавать условия, при которых они бы хорошо прививались и росли. Этого можно достичь прибавкой плодородной почвы к грунту дна оврага. Эта насыпка вместе с тем повышает уровень дна, расширяет его. При выборе древесных и кустарниковых пород для овражных насаждений нужно учитывать их производительность, способность укреплять грунт и вегетативно размножаться.

**Искусственные сооружения.** Борьба с водной эрозией предусматривает комплексное проведение организационно-хозяйственных, агролесомелиоративных, лугомелиоративных гидротехнических мероприятий. Эти мероприятия должны охватывать одновременно весь бассейн формирования стока поверхностных вод.

Искусственные и прежде всего гидротехнические сооружения предусматривают в тех случаях, когда применение других мероприятий недостаточно для прекращения эрозионных процессов. Гидротехнические мероприятия предотвращают или ослабляют эрозионные процессы сразу после их ввода в эксплуатацию, а иногда они являются единственным средством борьбы с эрозией.

Типы гидротехнических сооружений, обычно используемых в борьбе с оврагами: водозадерживающие — валы-канавы, террасы, валы-террасы, водонаправляемые валы и нагорные канавы, валы-распылители, канавы-распылители; водосборные быстротоки, перепады, водосбросы (шахтные, трубчатые, консольные); донные запруды, донные перепады и пороги.

**Водозадерживающие сооружения** применяют для борьбы с эрозионными процессами на водосборных площадях. При этом создаются условия для прекращения роста оврагов, что достигается задержанием поверхностного стока, поступающего в овраги, балки и на крутые участки склона.

**Водонаправляющие сооружения** служат для отвода поверхностного стока, поступающего к вершинам оврагов или на эрозируемые склоны, к водосбросным сооружениям, т.е. регулируют водные потоки путем изменения их направления и распыления.

**Водосбросные сооружения** обеспечивают безопасный и организационный сброс паводковых вод на дно оврагов, балок и ложбин.

**Донные сооружения** применяют при закреплении дна оврага, у задержания выноса грунта из оврага и повышения базиса эрозии. Их назначение — уменьшение скоростей потока путем повышения коэффициента шероховатости русла, задержание продуктов выноса в пределах оврага, расширение дна оврага и превращение его в систему горизонтальных площадок, прекращение дальнейшего размыва и углубления дна оврага.

**Водозадерживающие валы** предназначены для задержания поверхностных вод, которые, накапливаясь в прудке перед валом, частично испаряются, а частично инфильтруются в грунт. Их устраивают при площадях водосбора до 10—15 га с уклонами в 2,5—4,5 % и при площадях до 5 га при уклонах 4,5—11 %. Однако возможны и отклонения при учете рельефа местности, почвенно-геологических условий и других факторов, определяющих величину стока с водосборной площади оврага.

**Сбросные гидротехнические сооружения** используют в тех случаях, когда по топографическим условиям нельзя применять водоразделяющие валы и когда геологические и гидрогеологические условия не позволяют их устраивать (просадочные, водонепроницаемые, суффозные группы). Кроме того, сбросные сооружения приходится сооружать, если валы нельзя применять из-за отсутствия площадей, необходимых для их размещения.

Запруды устраиваются в оврагах из плетневых стенок в один или два ряда с заполнением промежутка утрамбованной глиной, камнем или иными материалами. Их можно также выполнять в виде деревянных стенок из свай, забранных плетнем, каменных и бетонных стенок, клад-

ки на сухом растворе и т.д. Водобойные колодцы, располагаемые за запрудами, устраивают из каменной наброски, одиночного и двойного мощения, а при низких стенках из двух-трех слоев дерна. Нагорные канавы обычно обслуживают малые водосборы, для которых максимальны дождевые расходы обеспеченностью около 10 %. Во многих случаях водоотводные канавы с валиками и без них устраивают для отвода в безопасное место воды от укреплений вершины промоины или оврага. Нагорные канавы применяют также для отвода воды с площади, расположенной выше террасированного участка. Инженерные мероприятия, связанные с организацией поверхностного стока на территориях, подверженных эрозионным процессам, в зависимости от расположения их в городе должны быть различными. Так, в пределах существующей застройки и на вновь осваиваемых территориях для поверхностных вод, поступающих с вышележащих территорий, необходимо создавать систему открытых и закрытых водостоков для отвода их в пониженные места или в ливнесточный коллектор, проложенный по дну или вдоль бровки оврага.

Поверхностный сток на территориях, расположенных за пределами застроенной части города, регулируется путем устройства нагорных канав и оградительных валов, укрепления склонов и дна оврагов и балок зелеными посадками.

Мероприятия по инженерной подготовке одновременно являются и мероприятиями по благоустройству городской территории (водостоки, зеленые насаждения и т.п.). Поэтому обе группы мероприятий целесообразно проводить одновременно, в состав этих мероприятий входят следующие работы: вертикальная планировка территории, выполняемая с помощью земляных работ; сооружение открытых и закрытых водостоков; понижение и перехват подземных вод; облесение приовражных территорий и самих оврагов (рис. 44).

Вертикальная планировка осуществляется при ликвидации оврагов и инженерной подготовке сохраняемых оврагов. Ликвидация оврагов производится путем террасирования приовражных территорий, сплошной засыпкой привозным грунтом или намывом грунта средствами гидромеханизации.

Эффективна засыпка оврагов каньонного типа, т.е. с крупными склонами и малой шириной поверху. В меньшей степени она целесообразна при неглубоких и пологих оврагах. Засыпка начинается с верховых участков оврага и постепенно передвигается к базису эрозии. Глубокие овраги засыпаются в несколько ярусов. При засыпке оврага привозным грунтом обязательно послойное уплотнение (чаще всего для этой цели используют автомобили, доставляющие грунт). Намытый грунт стабилизируется сам в процессе отдачи воды из смеси.

Овраги часто отличаются главными тальвегами прилегающей территории. После ликвидации оврага поверхностный сток все равно будет тяготеть к этому направлению, поэтому по дну оврага до его засыпки прокладывают коллектор водосточной сети. При необходимости понизить уровень грунтовых вод в районе ликвидируемого оврага по его дну до засыпки прокладывают дренажный коллектор. После окончания засыпки или намыва грунта выполняют вертикальную планировку всей территории. В сохраняемом овраге предусматривается поверхностный сток сбрасывать по дну оврага, а методами вертикальной планировки создать на склонах рельеф, отвечающий назначению оврага. Для обеспечения устойчивости склонов их утолаживают. При глубоких оврагах это мероприятие может привести к потере больших площадей. При крутых откосах высотой более 5 м устраивают бермы шириной не менее 2 м с поперечными уклонами в сторону склона, на границе с которым располагают водоотводящие лотки. Для борьбы с оврагами на городских территориях проводят мероприятия по сбору и отводу поверхностного стока закрытой и открытой системой ливнестоков. Перехватываемые воды отводят в водосточную сеть или открытой системой канав за пределы оврага. На склонах оврага

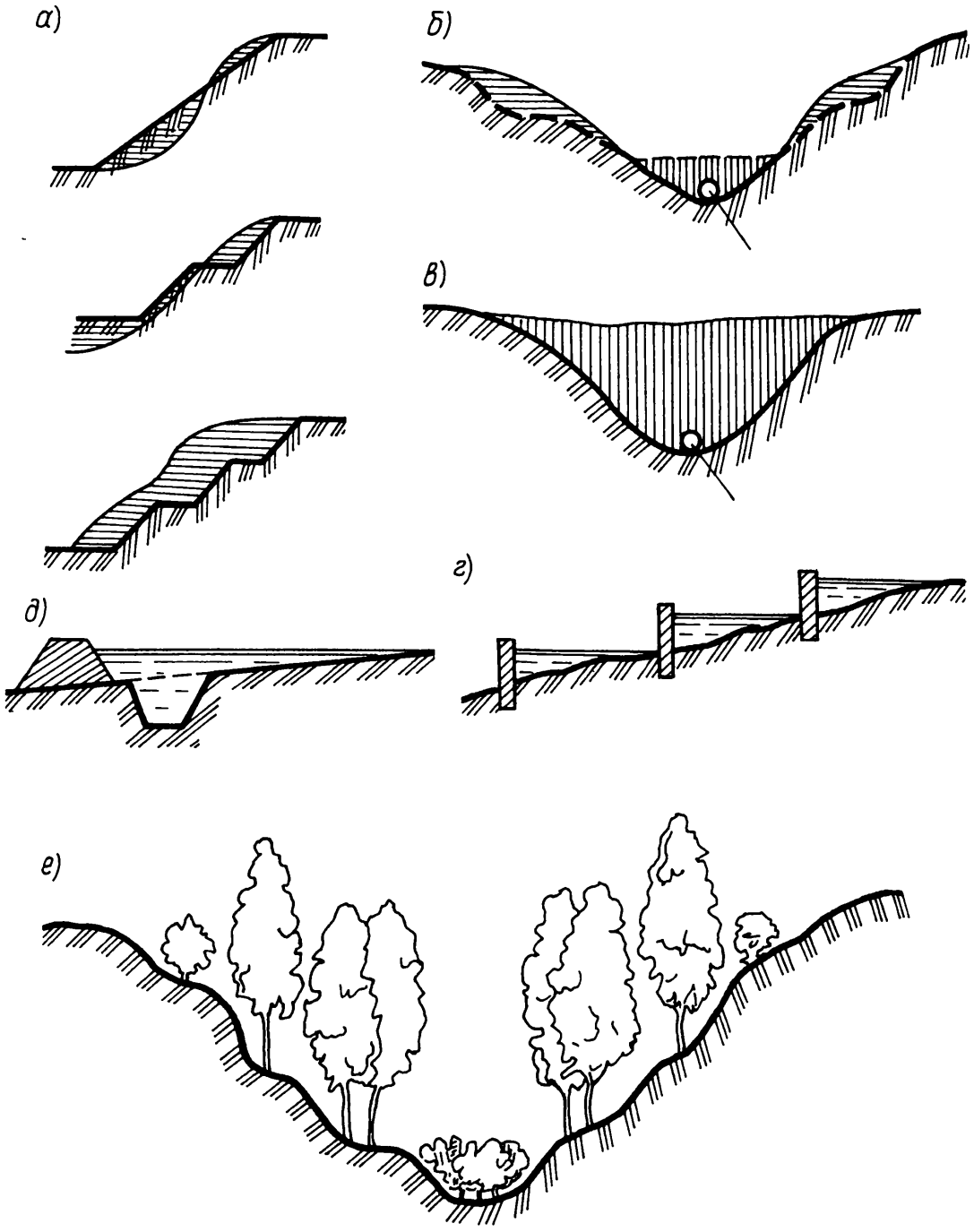



*Рис. 44. Мероприятия по инженерной подготовке и благоустройству оврагов:*
***а** — уполаживание и террасирование склонов; **б** — частичная засыпка; **в** — сплошная засыпка; **г** — устройство донных запруд; **д** — нагорная канава для перехвата поверхностных вод; **е** — озеленение оврага*

сток осуществляется по лоткам. У дна оврага вдоль склонов устраивают лотки, по которым вода направляется в канал или коллектор.

Для перехвата подземных вод до их выхода в овраг строят дренажные системы, рассчитываемые по схеме головных. При создании в овраге водоемов сооружаются земляные плотины. Возможны случаи создания каскада прудов. По плотине обычно устраивают транспортную или пешеходную связь между бортами оврага.

### *6.3. Использование оврагов для целей градостроительства*

Процесс оврагообразования в городах приводит к потере ценных земель и наносит большой материальный ущерб городскому хозяйству. При своем росте городские овраги разрушают уличную сеть, инженерные коммуникации, жилье и

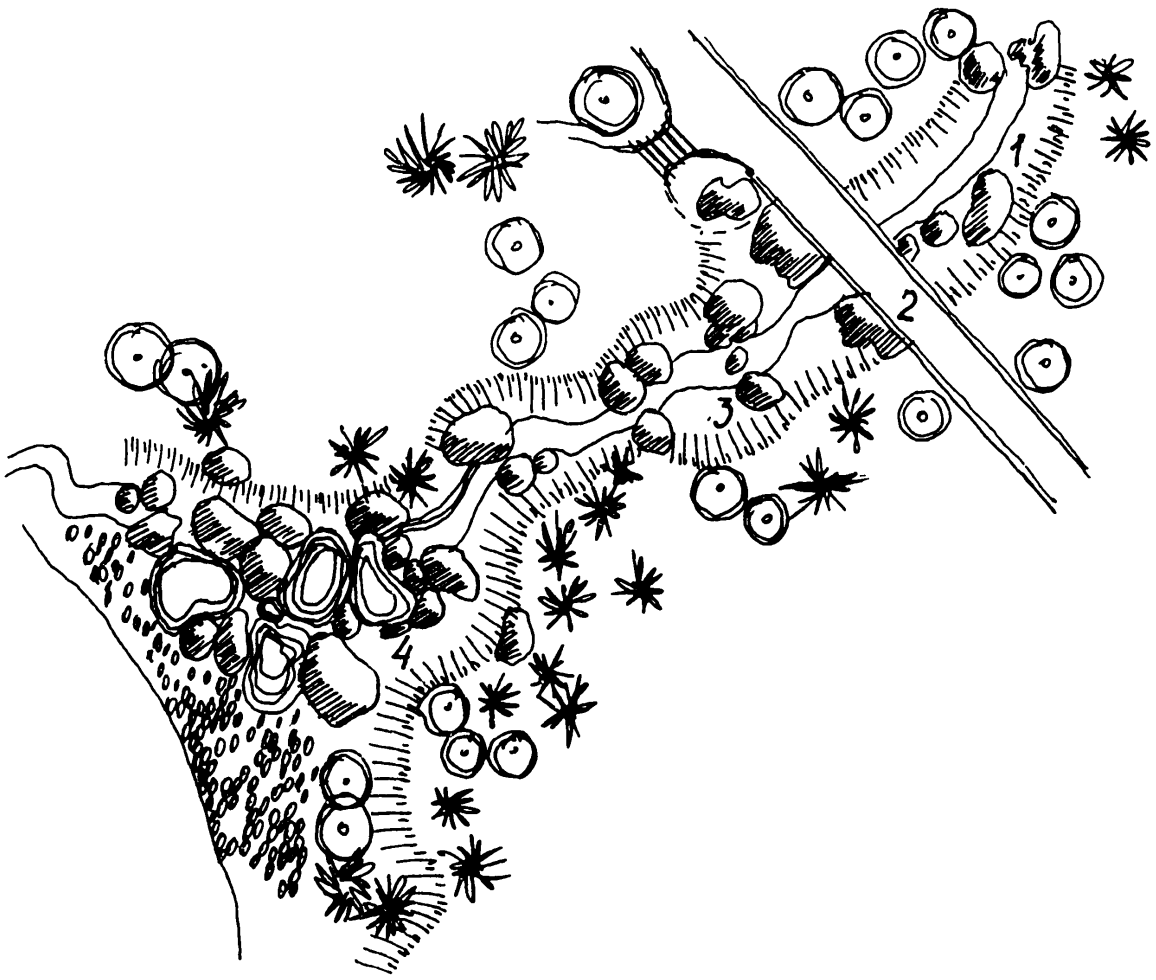



*Рис. 45. Парк в овраге в Черкассах:*
*1 — исток ручья; 2 — пешеходный мост; 3 — ручей с каскадами; 4 — водопады с озерками*

другие сооружения. Так, рост Митина оврага в Казани вызвал разрушение уличной и водопроводной сети.

Овражно-балочная сеть затрудняет связь между отдельными районами города, усложняет трассировку инженерных коммуникаций, диктует устройство мостов, дамб и других инженерных сооружений, что в конечном итоге приводит к увеличению стоимости 1 га используемой территории.

Основная причина появления оврагов в городах — особенность физико-механических свойств грунтов, нерегулированность поверхностного стока и неорганизованный сброс хозяйственных и промышленных сточных вод. Чаще всего размыву подвергаются неблагоустроенные улицы или пониженные места рельефа, которые служат для пропуска поверхностного стока. Если на территории города наблюдаются овраги той или иной степени развития, то эти территории относят обычно к ограниченно пригодным и непригодным для застройки.

Наличие и развитие овражной сети на территории города нежелательно по следующим причинам: затрудняется планировочное решение города; появляется необходимость в возведении мостов, земляных дамб и других сооружений при переходах через овраги, для организации сообщения между городскими центрами; затрудняется прокладка общегородских коммуникаций; разрушаются здания, сооружения, подземные коммуникации и т.п.; чрезмерно осушаются приовражные территории, что отрицательно влияет на зеленые насаждения.

При проектировании городов рассматривается несколько вариантов: сохранение оврагов в естественном состоянии и исключение этой территории из общей площади города; проведение ин-

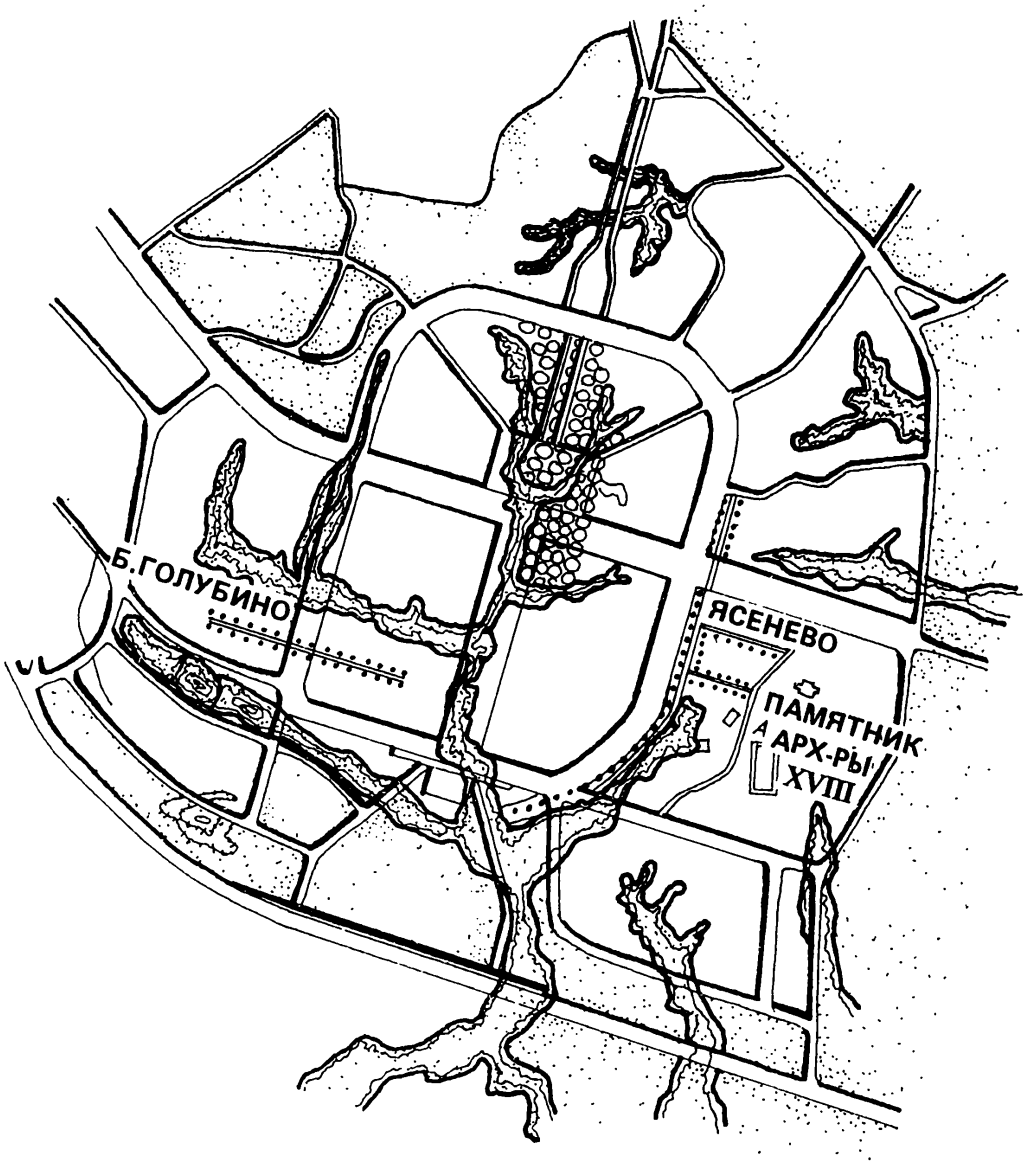



*Рис. 46. Расположение районного многофункционального центра и прокладка магистралей в оврагах Ясенево (эскиз)*

женерных мероприятий по стабилизации оврагов и исключение этой территории из общей площади города; использование заовраженных территорий после проведения специальных инженерных мероприятий; использование территорий оврагов после проведения обычных мер по благоустройству.

В градостроительстве овраги могут быть использованы для строительства жилой и коммунально-хозяйственной зон, прокладки улиц различного назначения и подземных коммуникаций, устройства зон отдыха, парков, садов, искусственных водоемов, спортивных сооружений и т.п. (рис. 45, 46).

Здания и сооружения в оврагах могут возводиться только при соблюдении двух условий: стабилизации оврага, т.е. устранении причин его активного роста, и при крутизне склонов не более 20°. Однако и в этих случаях склоны оврага необходимо террасировать под отдельные здания или группу зданий. Если строительство ведется на засыпанных или замытых оврагах, необходимо предусматривать искусственные основания (свайные), так как несущая способность таких грунтов обычно низкая.

В оврагах целесообразно прокладывать городские магистрали, потому что создаются наилучшие условия для увеличения скорости сообщения (повышение оптимальных скоростей, наличие пересечений в разных уровнях), наибольшей безопасности движения транспорта и пешехо-

дов, снижается транспортный шум в зданиях и на территориях близ улицы.

Сооружение парков и садов в оврагах — рациональное решение при использовании неудобных территорий в градостроительстве. Для этого наиболее удобны овраги шириной более 100 м с пологими склонами. Зеленые насаждения, газоны, цветочные клумбы, древесная и кустарниковая растительность оживляют и украшают природный ландшафт в местах отдыха.

Создание садов, виноградников, питомников и т.п. может быть рекомендовано в оврагах, если они расположены недалеко от селитебной территории. Искусственные водоемы на территории оврагов улучшают микроклимат в прилегающих микрорайонах, способствуют развитию водных видов спорта, повышают санитарно-гигиенические условия города.

Выбор вида использования оврага зависит от экономической эффективности применяемых инженерных методов и удельной стоимости осваиваемой территории. В некоторых городах по оврагам и балкам целесообразно проложить городские автомагистрали, улицы, съезды. В Казани, например, на склонах бывшей реки Казанки, изрезанных многочисленными оврагами и отвершками, создан живописный парк. Освоение овражно-балочных территорий позволяет повысить степень благоустройства жилых районов и выделить дополнительные площади для городского строительства.

# Глава 7. Борьба с оползнями, селевыми потоками и снежными лавинами

Оползни, обвалы, сели, снежные лавины — достаточно своеобразные физико-геологические явления, которые объединяет одно очень важное свойство, являющееся причиной наиболее активного периода их развития, — потеря устойчивости тем или иным физическим телом (массой грунта, скальных пород или снега), выражающаяся в движении этих тел к базису эрозии.

Все эти явления встречаются не так часто, как, например, многолетнемерзлые грунты или болота. Они характерны для местностей с активным рельефом и имеют локальное распространение. Нередко активная зона этих явлений захватывает жизненно важные территории (города и поселки, железнодорожные пути и т.д.), а сами они носят характер катастроф. Достаточно вспомнить массовые оползни и обвалы во время землетрясения в Крыму в 1927 г., гибель в Казахстане оз. Иссык, буквально «выдавленного» из своей чаши мощным селем в 1952 г., разрушительные последствия схода снежных лавин в Грузии зимой 1987 г. и другие стихийные бедствия. Наиболее сильные из этих бедствий связаны не только со значительным ущербом для народного хозяйства, но и с человеческими жертвами. Все это и предопределяет важность борьбы с оползнями, обвалами, селевыми потоками и снежными лавинами.

Нередко оползни и обвалы — результат другого, еще более грозного природного явления — землетрясений, а селевые потоки и снежные лавины активизируются во время таяния снега в горах, сильных ливней, вызывающих паводки. Поэтому задачи инженерной подготовки территории в отношении этих физико-геологических явлений носят комплексный характер, не ограничиваясь мерами по борьбе с ними, включают и профилактические мероприятия, направленные на снижение разрушительной силы паводка, на отвод талых вод и ливней от путей прохождения возможных селя или лавины и т.д.

## *7.1. Борьба с оползнями*

Под **оползнями** понимается смещение земляных масс вниз по склону под влиянием силы тяжести. Это явление происходит при нарушении устойчивости толщи грунта, т.е. в том случае, когда по каким-либо причинам возникшие в массе грунта вблизи склона сдвигающие напряжения начинают превосходить напряжения, которым может противостоять грунт.

Оползневые явления имеют место на склонах гор и на крутых берегах рек, морей, водохранилищ. Наиболее распространены оползни на Черноморском побережье Кавказа и Крыма, на крутых склонах вдоль Днепра, Волги и других рек. Они характерны для береговых откосов в Одессе, Волгограде, Саратове, Киеве. Оползневые явления наблюдаются в долине р. Москвы и ее притоков в районе Ленинских гор, Кунцева, Сходни.

Скорость движения оползней изменяется в очень широком диапазоне: медленная — от 0,5—1,5 м/год до 1,5 м/мес; быстрота — от 1,5 м/сут до 3 м/с. На территориях городов, поселков и сельских населенных пунктов при наличии застройки и инженерных сооружений оползни представляют большую опасность, так как при движении грунта оползневого склона возможны осадки, нарушение нормальной работы и полное разрушение зданий, сооружений и инженерных коммуникаций. Оползни представляют угрозу и на городских территориях, часто нарушая и затрудняя эксплуатацию автомобильных дорог и железнодорожных линий, повреждая промышленные объекты, деформируя мосты и пр.

**Виды оползней и причины их образования.** Оползни — наиболее широко распространенный вид нарушений равновесия земляных масс, к которым относятся также обвалы, осыпи, селевые потоки. Обвалы, вывалы, осыпи характеризуются относительно неожиданным проявлением. Чаще всего они происходят на крутых склонах, сложенных жесткими породами с развитой трещиноватостью в результате накопления продуктов разрушения горных пород. Эти камнепады зачастую вызываются незначительными причинами — звуком отдаленного взрыва или грома, выстрелом и даже громким криком. Наиболее часты они на трассах горных автомобильных и железных дорог, где могут появляться и от воздействия вибрации.

Существует достаточно широкая классификация оползней. По границе раздела пород или смещения в наносах выделяют **поверхностные** с глубиной захвата до 2—3 м и оползни наносов по наносам в однородных породах с глубиной захвата до 20 м и более. К первой группе относятся **сплавы** (смещение почвенно-растительного покрова по подпочве); **оплывины** (делювий по коренным породам); **осовы** (насыщенные водой слои по основанию). Ко второй группе можно отнести смещение по наклонной поверхности слоев и оползни коренных пород по коренным породам (рис. 47).

По возрасту и существующему состоянию оползни подразделяют на действующие, к которым относятся свежие (новые), старые, возобновившиеся и недействующие — старые, древние, ископаемые.

Причины образования оползней или природа оползневых явлений весьма разнообразны. Поскольку оползневой склон или откос находятся в состоянии предельного равновесия, то нарушение этого состояния может быть вызвано или увеличением сдвигающих сил, или уменьшением сил сопротивления, часто совместным их воздействием.

Увеличение сдвигающих сил может происходить в результате пригрузки склона возводимыми на нем сооружениями, увеличения массы самой толщи грунта, возрастания крутизны склона и т.д. Уменьшение сил сопротивления вызывается уменьшением объема и массы удерживающих масс вследствие подмыва или подрезки основания склона, устройства выемок поперек склона и т.д.

Помимо процессов выветривания на нарушение устойчивости склонов наибольшее влияние оказывают поверхностные и подземные воды, что проявляется в дополнительном увлажнении и ослаблении грунтовых масс, ослаблением действующих в грунте сил сопротивления трения, в выносе песка из подстилающей толщи. Активизации оползневых явлений способствуют воды водотоков и водоемов, подмывающие и размывающие упорную часть склона, а также смачивающие толщу склона при повышении уровня воды. На образование оползней часто влияют сейсмические явления.

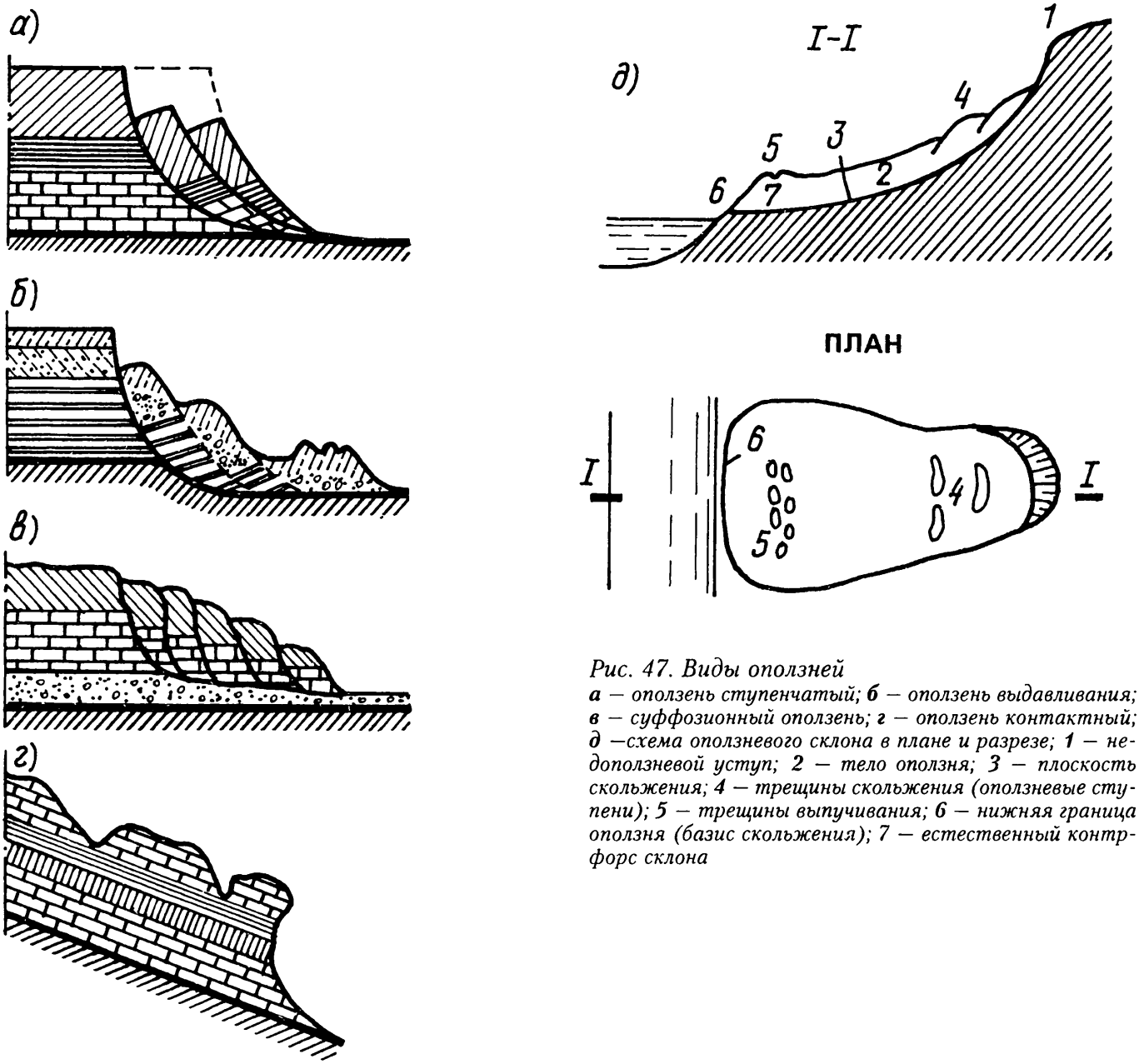



*Рис. 47. Виды оползней*
***а** — оползень ступенчатый; **б** — оползень выдавливания; **в** — суффозионный оползень; **г** — оползень контактный; **д** —схема оползневого склона в плане и разрезе; **1** — недоползневой уступ; **2** — тело оползня; **3** — плоскость скольжения; **4** — трещины скольжения (оползневые ступени); **5** — трещины выпучивания; **6** — нижняя граница оползня (базис скольжения); **7** — естественный контрфорс склона*

Оползни могут образоваться и в результате хозяйственной деятельности — дополнительного обводнения склона, распашки, уничтожения растительности, подсечки склона, увеличения нагрузки.

При оценке территорий для жилищного, промышленного и зеленого строительства к благоприятным относятся территории, оползни на которых отсутствуют. Градостроительное использование таких территорий возможно лишь после осуществления мероприятий по укреплению оползневых склонов. Стоимость противооползневых мероприятий достигает весьма значительных размеров — удорожание строительства до 200 % и более.

При значительном распространении активных оползней территорию характеризуют как особо неблагоприятную. И все же потеря ценных в градостроительном отношении территорий, например, вдоль морского побережья, водохранилищ или крупных рек, а в особенности при уже существующих сооружениях или застройке крайне нежелательна, что вынуждает включать оползневые склоны в селитебную территорию города и принимать соответствующие меры по борьбе с этим явлением.

**Мероприятия по стабилизации оползневых склонов.** Основные задачи инженерной подготовки оползневых территорий: обеспечение стабильного состояния

оползневого склона, т.е. сохранение равновесия всех действующих сил, и создание условий для использования оползневого склона и прилегающих территорий в градостроительных целях (застройка, парки и сады, дороги и т. д.).

Противооползневые мероприятия разделяются на профилактические и коренные, причем перечень таких мероприятий весьма велик. Задача профилактических мер заключается в сохранении стабильного состояния оползня, коренных — в устранении основных причин образования оползня.

Наибольшее значение в противооползневых мероприятиях придается организации стока поверхностных вод и дренированию, поскольку они одна из основных причин возникновения оползневых явлений.

Для предотвращения подмыва откосов на морях, водохранилищах и реках применяют волноотбойные стенки из бетона и железобетона, волноломы и буны, производят укрепление берегов, в том числе подпорными стенками — набережными.

Целесообразность проведения противооползневых мероприятий определяется степенью его соответствия основной причине оползневого явления. Например, при местных вывалах достаточно расчистить откос и сбросить камни, находящиеся в неустойчивом состоянии. В более сложных случаях необходимо устройство улавливающих стенок, анкерование угрожающих падением каменных массивов металлическими анкерами, укладка проволочных сетей и пр.

В качестве основных противооползневых мероприятий применяются: организация стока поверхностных вод в зоне оползней и прилегающей к ней городской территории; понижение уровня грунтовых вод путем сооружения открытых и закрытых дренажных систем; ограждение откосов и защита их от подмыва и размыва проточными водами рек или волнами водоемов; **уполаживание** откосов и их пригрузка; посадка зеленых насаждений по верху откоса и на оползневом склоне; искусственное закрепление масс оползня, искусственные сооружения для удержания грунтовых масс.

Организация стока поверхностных вод обеспечивает перехват их с прилегающих к оползневому склону территорий и не допускает попадания в тело оползня. Поверхностные воды перехватываются лотками или закрытыми водостоками и сбрасываются в водоем, минуя оползневой склон. Нагорные канавы устраиваются на расстоянии 6—10 м от откоса. При необходимости сброса воды открытой системой через оползневой склон устраиваются укрепленные лотки, конструкция которых предусматривает возможность некоторой деформации (рис. 48).

При дренировании оползневого склона используют два типа дренажей: головной, перехватывающий грунтовые воды выше склона, и откосный дренаж для осушения тела оползня.

Основной дренаж проходит вдоль верхней бровки откоса. Перехватывая грунтовые воды, головной дренаж предотвращает вынос частиц грунта, смачивание плоскости скольжения и осушает тело оползня. Применяется открытый дренаж, горизонтальный трубчатый, а при значительной мощности водоносного слоя — дренаж галерейного типа (проходной и полупроходной). Откосный дренаж представляет собой систему открытых канав небольшой глубины, расположенных непосредственно по откосу (рис. 49).

Сопротивление движению оползня достигается устройством подпорных стенок, свайных рядов, контрфорсов (железобетонные тонкостенные корпуса, которые заполняются после установки песком и закрываются плитами), контрбанкетов, отсыпаемых в нижней части оползня из перемещенного с верхних оползневых террас грунта при уполаживании склонов или из песка и др. (рис. 50).

Подпорные стенки, как правило, используют при малой мощности оползающего слоя. При этом они должны быть заложены на устойчивой, не затронутой оползневым движением толще, т.е. ниже

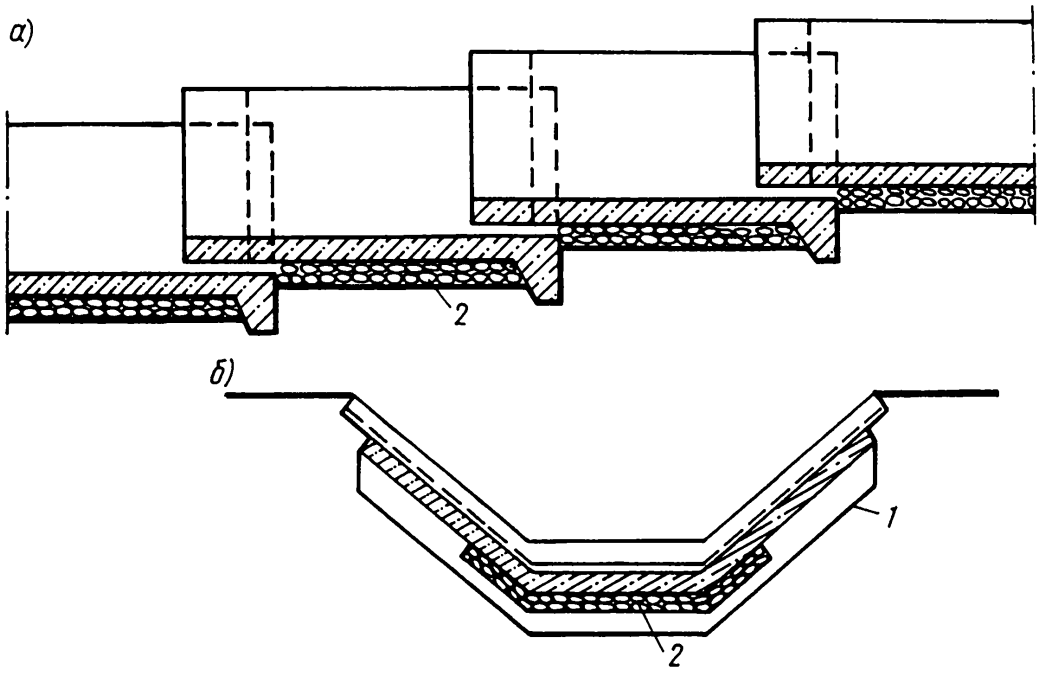



*Рис. 48. Железобетонный телескопический лоток:*
***а** — продольный разрез; **б** — поперечное сечение; **1** — контур основного зуба лотка; 2 — невеночная подготовка*

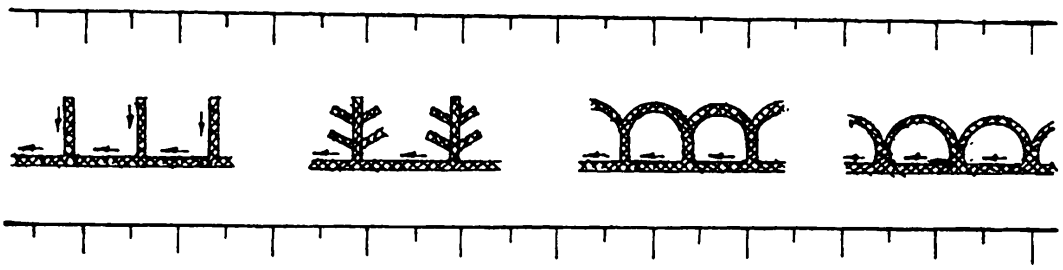


*Рис. 49. Откосные дренажи*

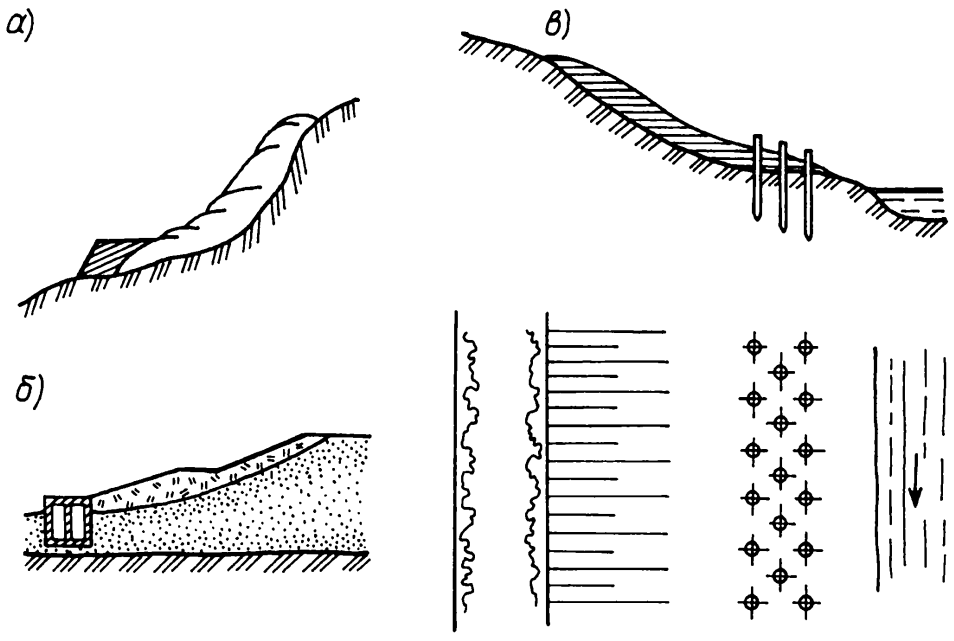



*Рис. 50. Устройства для сопротивления движению оползня:*
***а** — контрбанкет; **б** — контрфорс; **в** — свайные ряды*

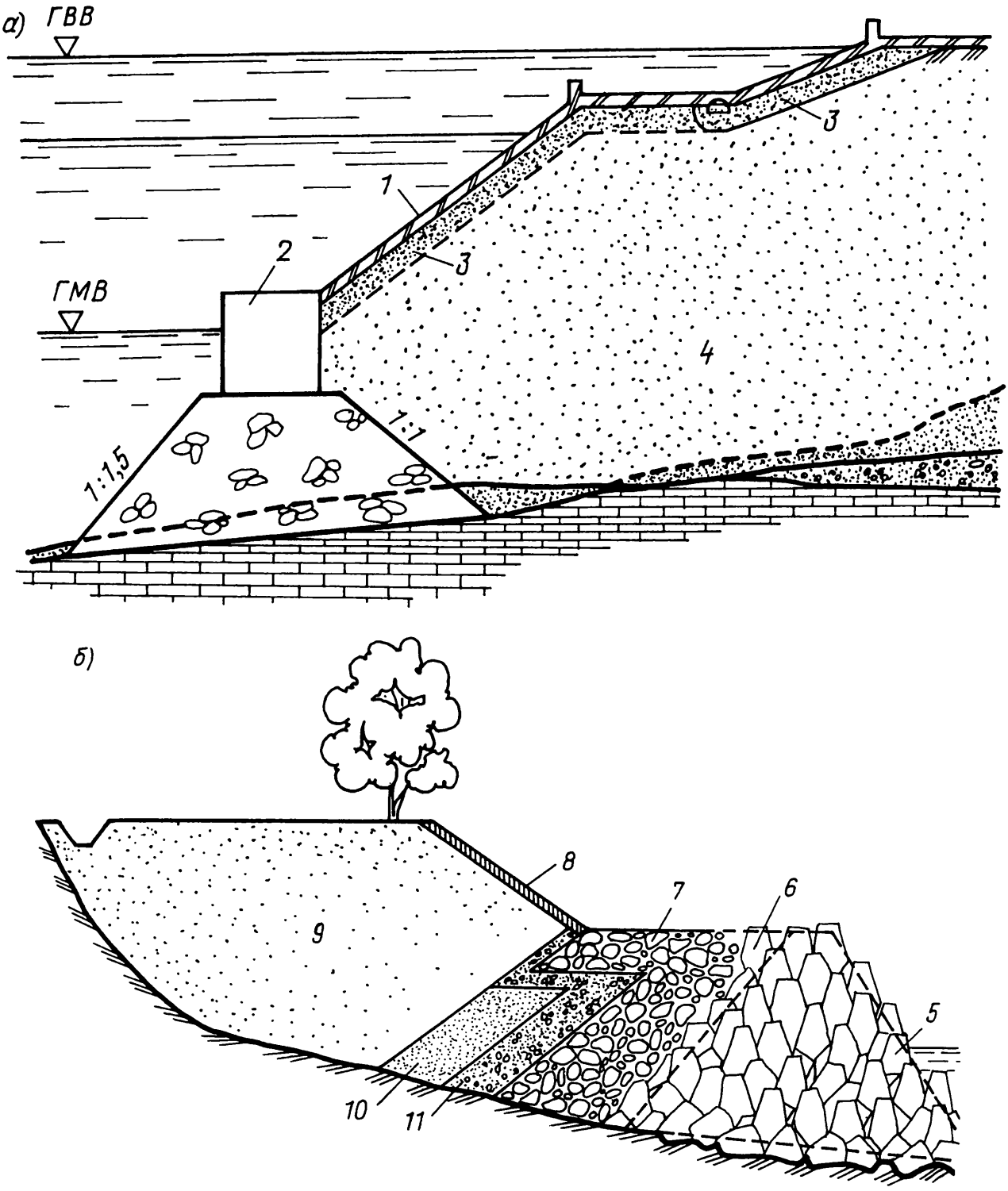



*Рис. 51. Противооползневые береговые укрепления:*
***а** — контрфорс с упорным поясом из массивов-гигантов; **в** — укрепление из тетраподов; **1** — откосное крепление из сварного железобетона; **2** — массивы-гиганты на каменной постели; **3** — фильтровая подготовка под откосным креплением; **4** — тело противооползневого контрфорса из намытого песка; 5 кладка из тетраподов массой 7,5 т; **6** — наброска из тетраподов массой 1,5 т; **7** — штучный камень крупностью 30—35 см; **8** — крепление сборным железобетоном; **9** — противооползневой контрфорс из местного грунта; **10** — мелкозернистый песок; **11** — однослойный обратный фильтр*

поверхности скольжения. Иначе подпорная стенка может сместиться вместе с откосом.

В последнее время достаточно часто используют противооползневые контрфорсы из железобетонных массивов — корпусов, которые после их установки заполняются песком. В качестве береговых укреплений, защищающих контрфорсы или контрбанкеты от размыва, используются тетраподы, укладываемые рядами по высоте (рис. 51).

В некоторых случаях возможно использование специальных мероприятий — просушивание тела оползня воздухом при открытой сети канав или подаваемым по трубам горячим газом; обжиг оползня; цементация или силикатизация — нагнетание под давлением цемента или жидкого стекла в трещины, скважины и др.

### *7.2. Борьба с селями*

Сель или селевой поток — кратковременный, внезапно формирующийся в руслах горных рек поток с высоким (от 10—15 до 75 %) содержанием твердого материала. Сели возникают в результате ливней или бурного таяния ледников и сезонного снеготаяния в бассейнах горных рек и сухих логов со значительными, не менее 0,10, уклонами при больших скоплениях рыхлого и обломочного материала. Селевые явления широко распространены в молодых горных системах многих стран: Швейцарии, Италии, Франции, Китая, Индии, США и др. Селевые потоки развиты в районах Кавказа, Средней Азии, Крыма, Карпат, юго-западного Забайкалья (рис. 52).

Обладая большими массой и скорость движения, сели оказывают огромное разрушительное действие. Формирование селей разрушает горные склоны, делая их непригодными для хозяйственного использования: в местах отложения селевых выносов образуются большие территории, заваленные валунами или грязекаменным материалом. Большой вред наносят сели автомобильным и железным дорогам, заваливая их полотно на значительном протяжении, забивая отверстия мостов и труб, выводя их из строя. Они разрушают опоры и пролетные строения мостов, горные гидроэлектростанции и их водозаборные сооружения, горно-рудничные предприятия, альпинистские и туристские лагеря.

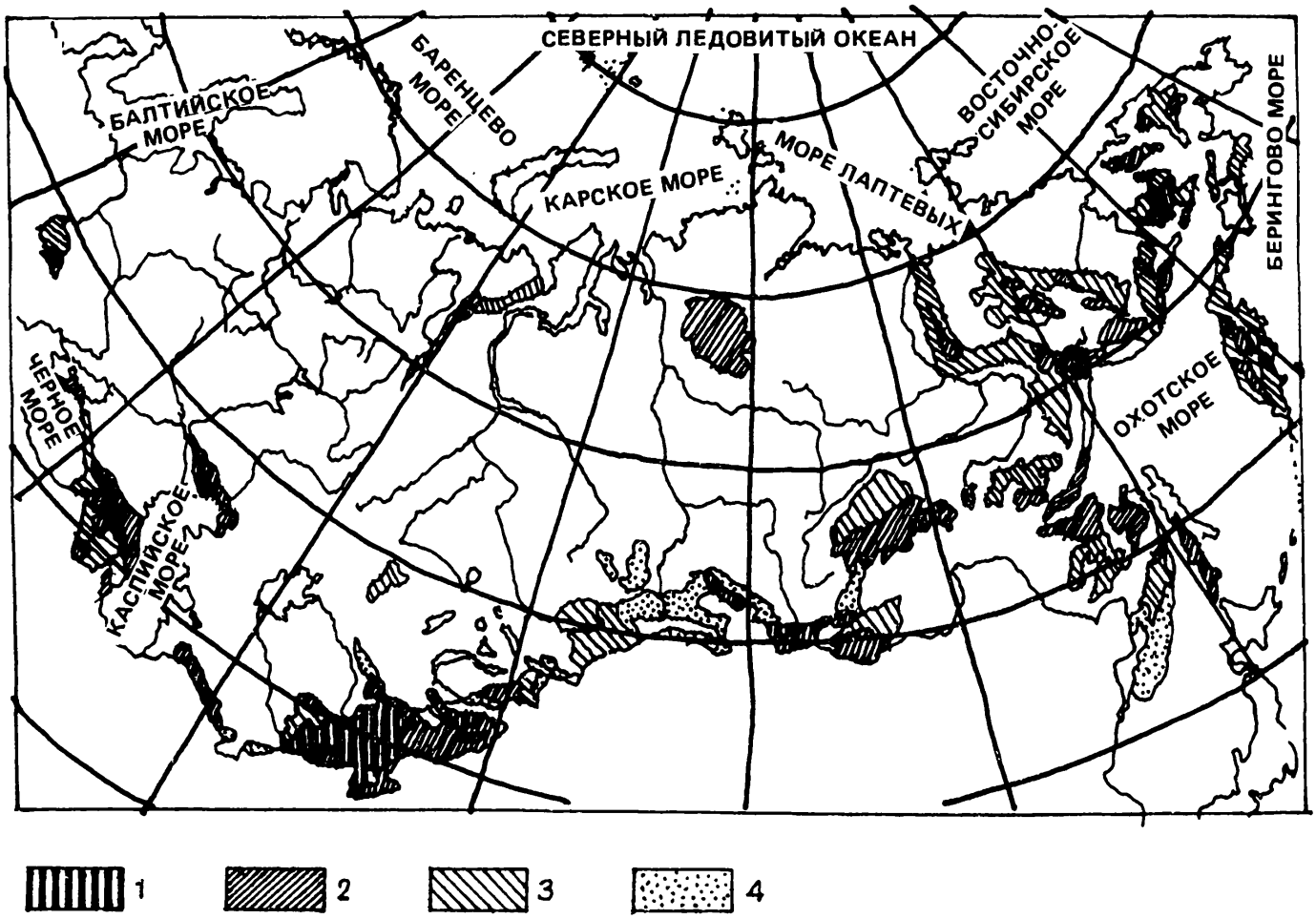



*Рис. 52. Селевые районы в странах СНГ и Балтии:*
*1 — значительная степень селеопасности; 2 — средняя степень селеопасности; 3 — слабая степень селеопасности; 4 — потенциально селеопасные районы*

Сели наносят значительный ущерб сельскохозяйственным угодьям, заваливая выносами пашни, огороды, сады. Особенно ощутимы убытки от прохождения селей на высокопродуктивных землях — чайных и табачных плантациях, виноградниках.

Значительный вред селевые потоки приносят городам и населенным пунктам, расположенным в горных и предгорных районах на трассах схода селей. Так, селевой опасности подвергаются Алма-Ата, Ереван, Душанбе, Ашхабад, Андижан и другие крупные города, не раз испытавшие на себе разрушительное действие селей. Особенно селеопасна Алма-Ата, которая за сравнительно короткое время трижды испытывала разрушительное действие селей. Памятен день, когда в июле 1973 г. сель объемом более 5 млн $м^3$ грязекаменной массы понесся на Алма-Ату. Город был спасен от катастрофы сооруженной направленным взрывом высотной завальной плотиной.

**Условия образования селевых потоков.** По составу селевой массы различаются водокаменные, грязевые и грязекаменные потоки, а по физическим типам — несвязные и связные. В несвязных селях транспортирующей средой для твердых составляющих является вода, а в связных — водогрунтовая смесь (рис. 53). В отличие от обычных потоков сели движутся отдельными валами или волнами, что обусловлено как механизмом их образования, так и возникновением заторов по пути движения в сужениях и поворотах русла из твердого материала с последующим их прорывом. Высота валов может быть различной — от 4—5 м до 20 и даже 80 м. Плотность селевых потоков колеблется в широком диапазоне — от 1100 до 2500 $кг/м^3$.

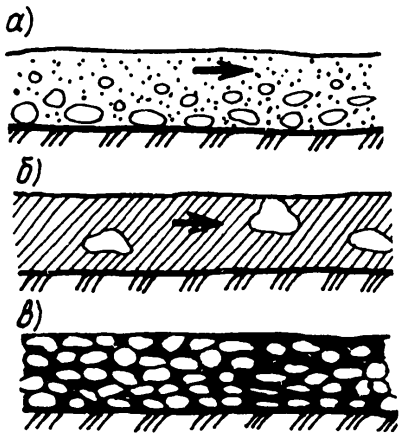



*Рис. 53. Структурная модель селевого потока:* ***а*** *— несвязанный селевой поток;* ***б*** *— связный селевой поток (грязевой);* ***в*** *— связный каменно-грязевой поток*

Селевые потоки движутся со скоростью до 10 м/с и более. Объемы выносов могут достигать сотен тысяч, а иногда и миллионов кубометров при массе переносимых обломочных материалов до 100—200 т. Селевые потоки характеризуются нестационарным движением и носят, как правило, лавинный характер, причем своим передним фронтом они не обтекают препятствия, а оказывают на них ударное воздействие.

Формирование селей в определенном горном районе возможно при трех основных условиях: наличие на склонах и в руслах достаточного количества продуктов разрушения горных пород, которые могут составить твердую часть селевого потока; наличие достаточно большого стока, т.е. количества воды для смыва, сноса и перемещения рыхлообломочного материала; сильно расчлененный рельеф — наличие больших уклонов, крутых склонов, русел, что обеспечивает движение значительных объемов водно-грунтовых масс с большими скоростями. Помимо этого на возможность формирования селевых потоков оказывают влияние почвенно-грунтовые, гидрогеологические, ботанические, антропогенные и другие факторы.

Участки территорий, где формируются селевые потоки, называются селевыми очагами или селевыми водосборными бассейнами. Селевой водосборный бассейн разделяется на три зоны: 1) зона питания селевого потока водной и твердой составляющими, или **зона селеобразования**, может быть рассредоточена по склонам, занимая значительную площадь, что в основном характерно для водосборов, склоны которых сложены легковыветриваемыми и легкоразмываемыми породами, может размещаться на небольшой территории, например в виде ледниковых морен, может также распо-

лагаться в прирусловой части горных рек, при этом селевой поток формируется за счет береговых размывов и обрушений; 2) **зона транзита**, или зона движения селевого потока, где происходит русловое движение сформировавшихся выше или образующихся селей. Возможно движение селя с дополнительным твердым материалом в результате береговых размывов и подмывов русла или без него, характерны большие продольные уклоны, необходимые для транзитного движения селевого потока, в этой зоне селевой поток имеет наибольшую скорость движения и, следовательно, обладает наибольшей разрушительной силой; 3) **зона отложения селевых выносов**, или **зона разгрузки**, начинается в месте выхода русла на пойменные или надпойменные террасы водотока, где происходят резкое уменьшение уклонов и, следовательно, потеря селевым потоком своей энергии и отложение селевых выносов в конусе выноса.

**Мероприятия по борьбе с селями.** Во всех селеносных районах в случае возможной опасности для города, даже при очень редкой повторяемости прохождения селей, необходимы мероприятия по защите от селевых потоков. Проведение таких мероприятий — одна из основных задач инженерной подготовки и защиты городских территорий.

С градостроительной точки зрения (при выборе территории для города и иного населенного места или отдельного объекта, проектировании и строительстве) важно оценить местность по степени ее селеносности. Сведения о селеносности и соответствующие прогнозы — основной материал при проектировании и осуществлении мероприятий по инженерной подготовке. Степень опасности для города определяется объемом выносов после прохождения одного потока: первая степень — более 1 млн $м^3$; вторая — от 0,5 до 1 млн $м^3$; третья —до 0,5 млн $м^3$.

Сложная задача ограждения города от селевых потоков включает комплекс различных мероприятий, в том числе и профилактических; строительство сооружений на пути движения селевого потока для ослабления его мощности и осаждения наносов, уменьшения скорости, направления по иному руслу и др. Основное условие защиты городских территорий при этом — комплексное осуществление организационно-хозяйственных, агролесомелиоративных и инженерных мероприятий.

Главные направления в непосредственной защите города — борьба с образованием и формированием потока; борьба с движущимся потоком; удержание наносов, чтобы они не попали на территорию города.

Основные задачи инженерной подготовки в селевых очагах — снижение расхода потока путем организации и регулирования поверхностного стока в его бассейне; рассредоточение потока во времени путем задержания его плотинами, водохранилищами; организация направления потока (смягчение уклонов, укрепление склонов, выпрямительные сооружения и пр.); отбор каменного материала по пути движения потока; ограждение городских территорий, железнодорожных и автомобильных дорог от потока с помощью специальных сооружений (в соответствии с назначением сооружения они бывают селенаправляющими, селепропускающими, селезадерживающими). Организационно-хозяйственные мероприятия носят профилактический характер, их задача — воспрепятствовать образованию и уменьшить содержание каменных материалов в районах зарождения и формирования селя. Они включают охрану лесных угодий от вырубки, сохранение зеленых насаждений; запрещение производства земляных работ на склонах и распашки, которые вызывают нарушение поверхности; запрещение выпаса скота на склонах селеносного района для сохранения травяного покрова. Агролесомелиоративные мероприятия осуществляются в зонах образования и формирования селевых потоков. К ним относятся озеленение бассейнов в верхней и средней зонах; организация стока поверхностных вод в водосборном бассейне; от-

вод грунтовых вод; террасирование склонов для обеспечения устойчивости и против эрозии. Организация стока ливневых и талых вод производится посредством водосборных и водоотводных канав и каналов, причем особое внимание уделяется сбору и отведению вод в местах сосредоточенного стока — в тальвегах, оврагах. Для перехвата поверхностного стока устраиваются нагорные канавы. Понижение горизонта и отвод грунтовых вод осуществляются дренажными системами по принципу головного дренажа (как правило, открытого типа). Все эти мероприятия направлены главным образом для уменьшения расхода потока.

Инженерные мероприятия проводятся в зоне движения селевого потока и связаны со строительством специальных сооружений. Их основные задачи: перехват потока и регулирование его путем задержки в специальных водохранилищах; перехват потока и отведение по новому руслу; уменьшение скорости движения (уменьшение уклона водотока с помощью запруд); задержка и осаждение каменного материала; укрепление дна и откосов русла. Инженерные сооружения выполняют на основном русле, притоках и в зоне конуса выноса. Их характер, месторасположение и количество определяются исходя из местных условий. Основные селезащитные сооружения: руслоспрямительные сооружения и селенаправляющие дамбы; берего- и дноукрепительные конструкции; искусственные водохранилища (они же и наносонакопители) и плотины; системы запруд, включая фильтрующие плотины (для снижения скорости и улавливания наносов); искусственные русла и селенаправляющие каналы, устраиваемые с помощью дамб обвалования; сооружения для пропуска селевых потоков над или под железными и автомобильными дорогами.

Наиболее эффективное мероприятие, которое может полностью решить задачу борьбы с селевыми потоками и защиты города, — создание водохранилища большой емкости. Для этого подготавливаются места в долине русла и сооружаются плотины. В образовавшемся водохранилище происходит отложение наносов, а вода сбрасывается небольшими объемами. Со временем водохранилища заполняются наносами, поэтому необходимо либо проводить очистку, что сложно в горных условиях, либо увеличивать высоту плотины. Один из способов создания плотины — обрушение берегов в русло направленным взрывом. Таким образом была сооружена плотина у Алма-Аты высотой 100 м и шириной по основанию 400 м, которая образовала водохранилище объемом 6 млн $м^3$.

Наносоуловители представляют собой открытые котлованы, емкость которых рассчитывается на полный или частичный объем каменного материала селевого потока. При полном заполнении наносоуловителя действие его прекращается.

Для защиты городов и населенных пунктов от селевых потоков применяются различные регулирующие сооружения, к которым относятся береговые подпорные стенки и поперечные запруды. Запруды могут быть одиночные и составлять систему запруд (барражи), предназначенных для смягчения продольного уклона, осаждения наносов и осветления потока. Высота запруд обычно до 4 м, ширина поверху не менее 1 м.

Мероприятия по перехвату и осветлению потока осуществляются не только в основном русле селевого потока, но и на его притоках, участвующих в формировании основного потока. Для перехвата крупных селевых потоков сооружаются мощные селеуловители и плотины из бетона, железобетона и металла. В целях организации движения селевого потока руслу придается правильное очертание в плане и профиле. Эффективное мероприятие по защите городов — перехват потока и направление его по новому руслу в обход города с помощью струенаправляющих дамб, которые устраиваются в месте перехвата селевого потока и направления в новое русло.

При разработке мероприятий инженерной подготовки по защите от селевых потоков следует применять их ком-

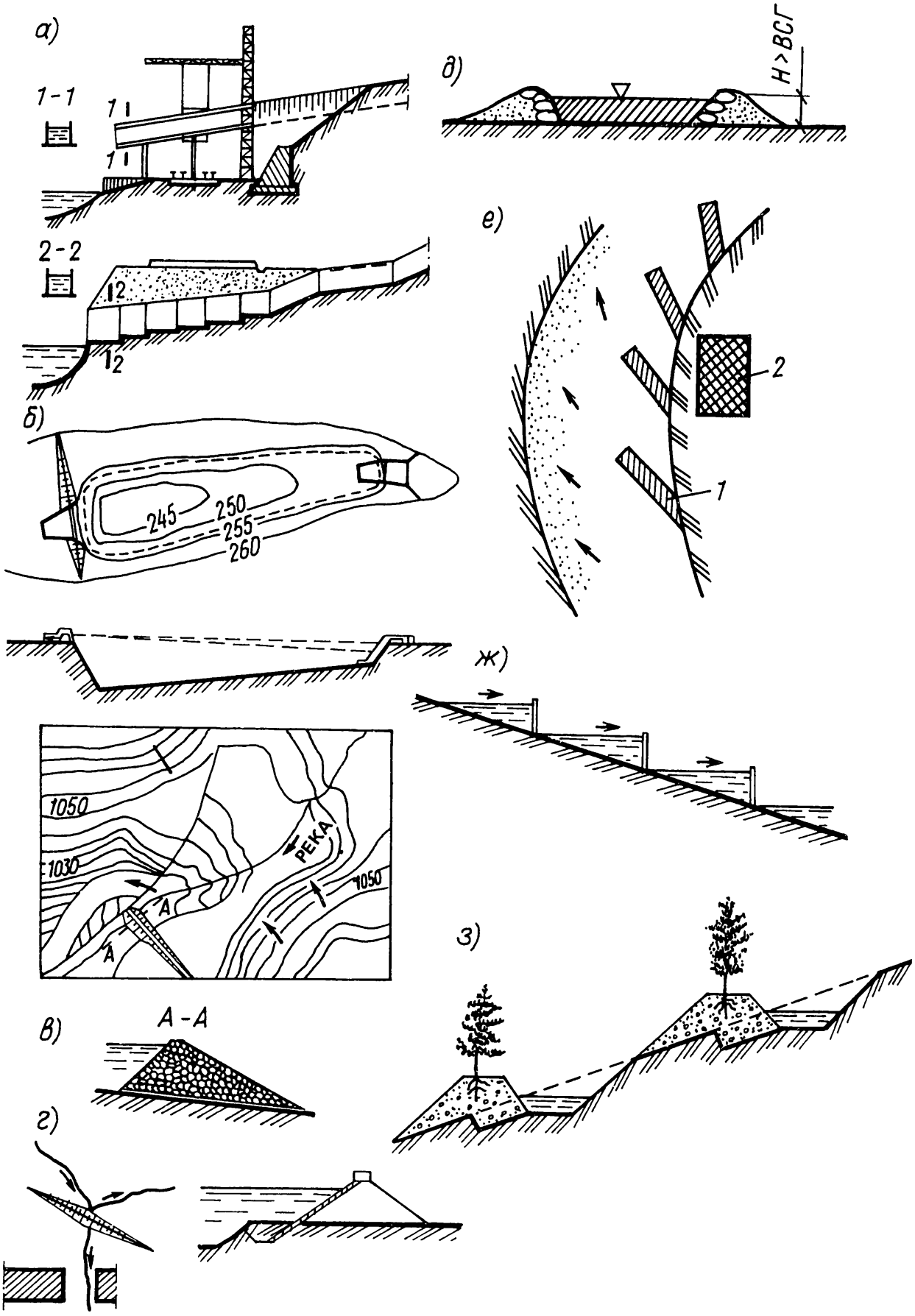



*Рис. 54. Селезащитные сооружения:*
***а** — селенакапливающая плотина (селехранилище); **б** —глубинный наносоулавливатель; **в** — наносоулавливатель с фильтрующей плотиной; **г** —селеотводящая плотина; **д** — искусственное русло в зоне распластывания селя; **е** — полузапруды; **ж** —селезадерживающие запруды — барражи; **з** — ступенчатые террасы для перехвата поверхностных вод*

плексно во всех зонах формирования и движения потоков. Возможные варианты селезащитных сооружений приведены на рис. 54.

### *7.3. Борьба с лавинами*

Лавина — это снежный обвал, быстрый сход с горного склона снежного покрова под действием силы тяжести. Лавину характеризуют пришедшие в движение и скользящие по горному склону массы снега. Сходу лавин подвержены горные территории — Кавказ, Хибины, горы Средней Азии, Южной Сибири, Забайкалья, Дальнего Востока, Северо-Востока и др. Скорость лавин достигает 30—100 м/с, объемы вовлекаемого снега — от сотен до миллионов кубических метров. Падение снежных масс нередко сопровождается воздушной волной, способной разрушить капитальные сооружения, вызвать значительные человеческие жертвы.

Возникновение лавин возможно во всех горных районах с устойчивым снежным покровом. Сход лавин обусловлен перегрузкой снегом склонов во время метелей или вследствие малой силы сцепления между свежим снегом и подстилающей поверхностью в течение первых 2 суток после окончания снегопадов (сухие лавины); появлением между нижней поверхностью снега и поверхностью склона водной прослойки во время оттепелей и дождей (мокрые лавины); формированием в нижней части снежной толщи рыхлого слоя из кристаллов глубинной изморози.

В зависимости от характера движения снега можно выделить три типа лавин: 1) осовы (снежные оползни), движущиеся по всей поверхности склона вне русел; 2) лотковые лавины, идущие по ложбинам, логам и эрозионным бороздам; 3) «прыгающие» лавины — свободно падающие по уступам массы снега. Частота схода лавин и их объем зависят от их типа, а также от формы и размеров склонов. На плоских склонах лавины движутся в виде сплошных осовов. В логообразных понижениях (лотках) образуется плотный лавинный поток, а крутые обрывы лавин преодолевают прыжками. Высота снежных конусов в месте остановки лавин до 5—20 м. Падение снежных масс может сопровождаться разрушительной воздушной волной. Концентрация энергии в теле лавины намного выше, чем в самых сильных метелях, но район ее действия ограничен на площади до 1 км$^2$.

Для архитекторов и строителей важно знать так называемую **дальность выброса лавин**, поскольку при этом нетрудно определить зону безопасного отдаления построек от лавинного очага. Дальность выброса лавины — расстояние, измеренное по горизонтали от линии ее отрыва до границы распространения конуса выноса. Обычно снег начинает соскальзывать не на самой вершине склона, а на 30—50 м ниже, где образуется линия отрыва сошедшей лавины от вышележащего снежного покрова. Если превышение точки отрыва лавины над точкой ее остановки принять за $h$, то максимальная дальность выброса лавины $L = h \operatorname{ctg} \alpha$, где $\alpha$ — угол между линией, соединяющей точки отрыва лавины и точки ее остановки, и ее горизонтальной проекцией. Остановка лавины обычно бывает приурочена к пологому выходу лога в долину или ущелье, поэтому превышение почти не зависит от дальности выброса, для определения которого достаточно знать только $\alpha$.

Наиболее важная задача при освоении лавиноопасных районов — прогнозирование схода лавин. Факторы лавинной опасности многочисленны: угол склона с горизонтом, высота снежного покрова на склоне, характер поверхности склона и снега, интенсивность и продолжительность снегопадов, направление и сила ветра, дожди при оттепелях и др. Лавиноопасными считаются склоны, составляющие с горизонтом угол 25—55°. Снег на склонах удерживается силами сцепления, величина которых зависит от шероховатости подстилающих поверхностей. Спешный снег, выпавший на гладкую и твердую поверхность спешного покрова, легко соскальзывает вдоль этой поверхности. Чем больше высота снежного по-

крова на склоне, тем вероятнее сход лавины. В этом отношении опасен уже слой снега толщиной 25—30 см. Лавинная опасность весьма велика при интенсивности снегопада более 2 см в час и длительности его более 10 ч.

Наиболее серьезный признак лавинной опасности — метели. Лавины почти всегда начинаются одновременно с сильной метелью или через несколько часов после нее. Опасны также длительные оттепели и наступление весны. Важен визуальный способ распознавания лавинной опасности. В горных крестовинах не растет хвойный лес, но в очагах лавинной опасности встречаются береза, бук, рябина и кустарники. Характерный признак опасности — конусы выноса лавин из снега, камней, грунта, остатков растительности, а также летние снежники у подножия гор.

Самая надежная мера в борьбе против снежных лавин — правильный выбор местоположения объектов строительства, уход из лавиноопасной зоны. Однако это далеко не всегда возможно, поэтому в горных районах достаточно широко проводятся профилактические мероприятия, организуются специальные снеголавинные службы, станции и пункты. Эти службы следят за состоянием снежного покрова на особо опасных горных склонах и разрабатывают меры предосторожности в лавиноопасный период.

К профилактическим мероприятиям относится, например, противолавинная сигнализация на железных дорогах, в частности проволока, протянутая поперек возможного пути прохождения лавины. При разрыве проволоки включается аварийное реле, и на светофорах, ограничивающих опасный участок, загорается красный свет.

Нередко прибегают к искусственному обрушению снега со склона с помощью подрывных устройств или артиллерийского (минометного) обстрела верхних участков склона. Снаряды и мины при этом укладываются сверху вниз в шахматном порядке. Вместе с тем имеются сведения о том, что подобные обстрелы могут спровоцировать сход лавин на смежных с опасными направлениями участках, на которых ранее лавин не наблюдалось.

Наиболее надежные средства от лавин — противолавинные инженерные сооружения, которые можно разделить на три основные категории — предупреждающие, защитные и комплексные.

В районах с частыми метелями на водоразделах лавиноопасных склонов и противоположных наветренных склонах устраиваются многорядные преграды типа высоких снегозащитных заборов, террасы, земляные дамбы, искусственные лесопосадки. Склоны застраивают только сверху вниз, иначе незавершенная противолавинная застройка может быть разрушена лавинами в ближайшую же зиму. Под защитой снегозащитных заборов (в том числе и из металлической сетки) возможно искусственное разведение леса на опасных склонах как наиболее перспективное и совершенное противолавинное средство.

При устройстве лавинозащитных сооружений в отличие от лавинопредупреждающих сход лавин допускается, но строительные объекты должны быть надежно от них защищены.

К основным защитным средствам относятся лавинорезы (большие клинья из прочного материала, сооруженные непосредственно перед защищаемым объектом), тормозящие стенки и клинья, задерживающие и направляющие стенки и дамбы, эстакады (для пропуска снежной массы), навесы, лавинопуски и галереи.

Самые надежные и дорогие лавинозащитные сооружения — эстакады, лавинопуски и галереи. Их строят обычно по индивидуальным проектам со строгим учетом местных особенностей и рассчитывают на динамическое воздействие транзитного потока. Основное назначение этих капитальных сооружений — пропуск лавины под объектом или над ним (рис. 55).

Комплексные противолавинные сооружения представляют собой комбинации предупреждающих и защитных устройств. Например, на верхней части больших склонов возводят лавинопре-

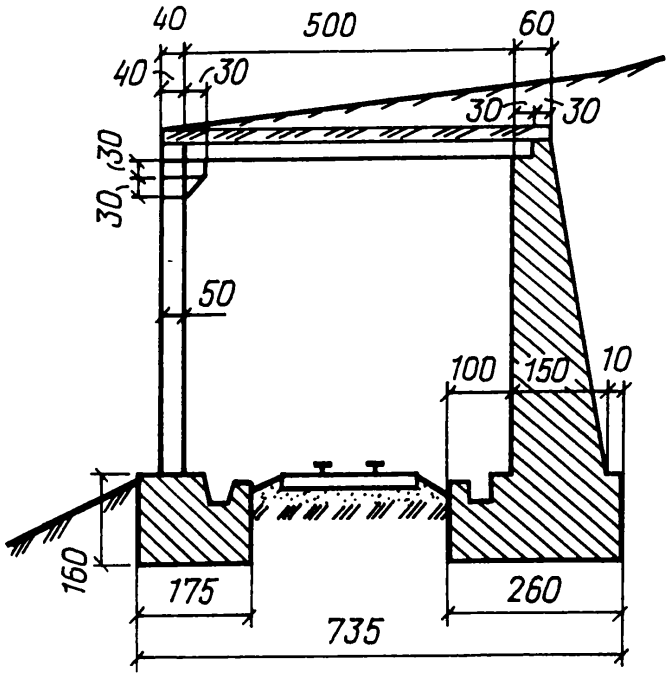



*Рис. 55. Противолавиннан галерея на железной дороге*

дупреждающие сооружения, а у подножья — задерживающие стенки. Нередко лавинозащитные сооружения создаются как дополнительные меры даже при сплошной и вполне надежной застройке склонов.

Выбор противолавинных мероприятий зависит от местных условий и в каждом отдельном случае должен быть обоснован соответствующими технико-экономическими расчетами.

# Глава 8. Инженерная подготовка территории в особых условиях

Уже отмечалось, что огромная территория нашей страны отличается большим разнообразием природных условий, которые в существенной мере определяют и условия строительства в тех или иных районах. Наряду с такими общими природно-строительными факторами, как рельеф, гидрологические, гидрогеологические, климатические и другие условия, которые приходится учитывать, использовать и улучшать при инженерной подготовке и благоустройству территорий практически во всех природно-климатических зонах страны, имеются условия, присущие лишь некоторым, хотя и весьма обширным районам — вечная мерзлота, заболоченность, сейсмические явления и др. Инженерная подготовка территории (как и собственно строительство) в этих районах имеет существенные особенности.

Торфяники и болота, занимающие почти половину территории страны, осложняют строительство зданий и сооружений, прокладку инженерно-технических коммуникаций, благоустройство населенных мест. Инженерная подготовка в этих условиях приобретает особо важное значение и связана с производством земляных работ в исключительно больших объемах. Инженерная подготовка и строительство в зоне многолетней (вечной) мерзлоты осложнены необходимостью сохранять геокрилогические особенности местности, что вызвало необходимость разработки специальных методов освоения территории в условиях многолетнемерзлых грунтов.

Строительство в районах распространения землетрясений также требует проведения особых планировочных и конструктивных мероприятий, способствующих повышению устойчивости зданий и сооружений, обеспечению более гибкой в экстремальных условиях повышения сейсмической активности и возможных ее последствий планировочной структуры городов и других населенных мест.

Карстовые явления, дюны и барханы распространены не столь широко, но тоже локализованы в определенных районах страны, что также позволяет говорить об определенной специфике проведения там работ по инженерной подготовке территории.

Многие из перечисленных явлений действуют комплексно в сочетании друг с другом. Особенно это относится к заболоченностям, вечной мерзлоте и сейсмически опасным зонам. Огромные размеры районов, подверженных комплексному воздействию неблагоприятных факторов, хозяйственное освоение многих районов на севере и востоке страны

(Западно-Сибирский нефтегазовый территориально-производственный комплекс, зона Байкало-Амурской железнодорожной магистрали и др.) и новое строительство в них (Сургут, Нижневартовск, Нефтеюганск, Тында и др.) определяют сложность и соответствующие масштабы работ по инженерной подготовке территории в особых условиях.

### *8.1. Освоение заболоченных и заторфованных территорий*

**Болотами** называют территорию, где избыточное увлажнение способствовало развитию характерной растительности и процессу формирования торфа. Заболоченные земли — территории, избыточное увлажнение которых привело к развитию влаголюбивой растительности и первым стадиям торфообразования. Таким образом, заболоченность территории является начальным этапом образования болота.

Основные показатели, характеризующие заболоченные территории: длительное стояние грунтовых вод на глубине менее 0,5 м от поверхности; наличие болотной растительности, неразложившейся органической массы (торфа) и аморфного перегноя.

При мощности слоя торфа более 0,5 м эти территории относятся к болотам или торфяникам, а при меньшем слое торфа — к минеральным болотам, заболоченным лесам, лугам, тундрам или к заболоченным землям. Участки местности с распространением залежей торфа различной толщины относят к заторфованным территориям.

Наибольшая часть заболоченных участков в нашей стране (более 70 %) находится в избыточно увлажненных зонах, где выпадение атмосферных осадков значительно превышает испарение и поверхностный сток. К таким зонам в первую очередь относятся северные и северо-западные нечерноземные районы страны, обширные территории Западно-Сибирской низменности и др. В южных районах из-за значительного увеличения потерь влаги от испарения заболоченные территории весьма редки. В этих условиях переувлажнение земель может происходить в результате выклинивания подземных вод, затопления низин речным стоком (тростниковые и крупноосоковые болота), а также при чрезмерном орошении земель.

Причинами образования заболоченных территорий являются следующие природные факторы: значительное количество атмосферных осадков; плоский рельеф территории или наличие замкнутых низин, затрудняющих или делающих невозможным сток поверхностных вод, высокое стояние грунтовых вод, неглубокое залегание водоупорных пластов, препятствующих оттоку грунтовых вод; смена уклонов местности, создающая возможность выклинивания подземных вод на поверхность; почвенные биологические процессы, связанные с условиями, неблагоприятными для разложения растительных остатков; глубокое промерзание грунтов и медленное их оттаивание.

Образованию заболоченностей и болот может способствовать и нерациональная деятельность человека. Так, при дорожном строительстве насыпи железных и автомобильных дорог становятся препятствием на пути движения ливневых и талых вод, стекавших ранее в ручьи и реки. Запруженная низина заболачивается, и происходящее подтопление может стать причиной гибели леса, причем часто на значительных расстояниях, до 2—3 км и более.

Все это происходит потому, что при строительстве дорог в местах логов и низин не прокладываются водоводы и дренажи для пропуска ливневых и талых вод по естественным уклонам. К образованию заболоченных территорий приводит также неорганизованный сток с городских территорий, промышленных и коммунально-хозяйственных вод.

Болота распространены отдельными локальными массивами, которые развиваются в низинах или лощинах, а также системами массивов, образующихся при разрастании или слиянии отдельных массивов. Болотный массив характеризуется его площадью, а системы масси-

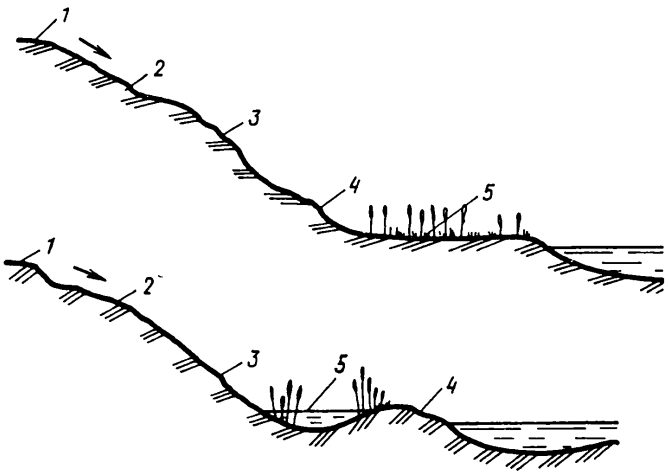



*Рис. 56. Геоморфологическая схема болот*
*1 — водораздел; 2 — склон долины; 3 — надпойменные террасы; 4 — пойменные террасы; 5 —болото*

вов — наличием болот на данной территории в процентах.

Микроландшафт заболоченных территорий обусловливается условиями водного питания, что в свою очередь связано с определенными формами рельефа (рис. 56). На водоразделах при обильном питании атмосферными осадками могут образовываться верховые или моховые болота (1). В случае, когда верхние и средние части склонов речных долин получают увлажнение вследствие просачивания вод, поступающих со склонов, и выклинивания грунтовых вод, образуются болота, называемые переходными или склоновыми (2, 3). Третий тип — болота на пониженных участках склонов и на пойменных террасах (4). Питание этих болот происходит за счет атмосферных осадков вод, поступающих со склонов, грунтовых и поверхностных вод.

Соответственно вышеназванным типам болот различают и типы торфяных грунтов — верховой и низинный. Эти грунты различаются по физико-механическим свойствам. К особенностям заторфованных территорий относятся: высокая сжимаемость торфяных залежей под нагрузкой; длительные и неравномерные деформации в результате осушения и под воздействием нагрузок; неблагоприятное влияние на микроклимат (резкие колебания температуры в течение суток, туманы и пр.); подверженность осушенных территорий ветровой эрозии, возгоранию в засушливые годы, быстрому переувлажнению в период обильного выпадения осадков.

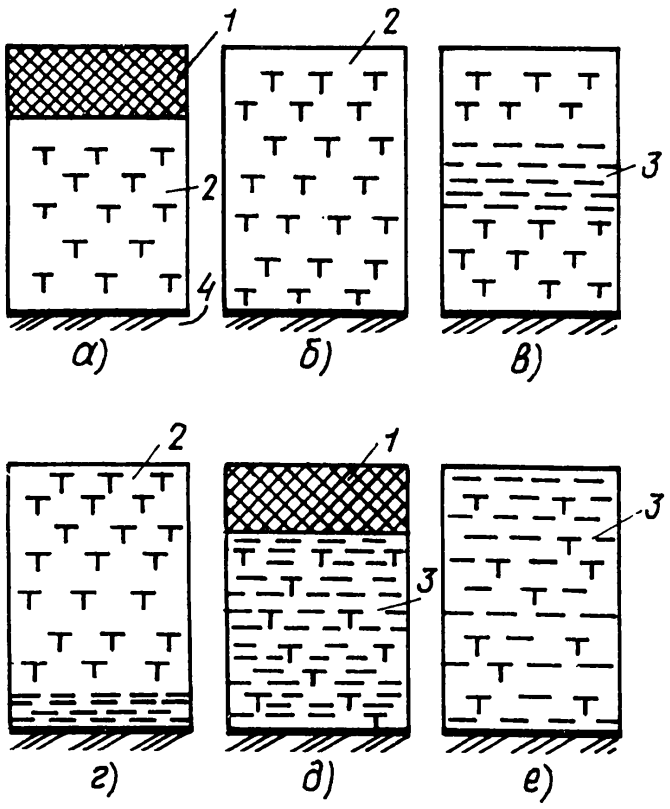



*Рис. 57. Макроструктура торфяного пласта:*
***А** — с волокнистой толщей поверху; **Б** — с однородным торфяным грунтом; **В** — со слабой прослойкой; **Г** — со слабыми придонными отложениями; **Д** —то же, с разжиженным торфом; **Е** — с разжиженным торфом; **1** — волокнистый грунт; **2** —плотный торфяной грунт; **3** — разжиженный слой и прослой; **4** — минеральное дно болота*

По мощности торфяной залежи болота подразделяют на мелкие (до 2 м), средние (до 4 м) и глубокие (с мощностью торфяных пластов более 4 м). Влагосодержание торфа может быть очень высоким, 96 %, причем большая часть влаги находится в свободном состоянии. Определенное чередование пластов различных типов болотных грунтов определяет макроструктуру каждого болота и его специфику (рис. 57).

Учет рассмотренных факторов определяет конкретные мероприятия по инженерной подготовке заболоченных территорий, которые достаточно сложны. Однако современная техника позволяет осваивать практически любые заболоченные территории, весь вопрос заключается лишь в экономичности. На современ-

ном этапе малодоступными для застройки следует считать болота глубиной более 10 м, а также болота, сложенные разжиженными торфами или илами с мощностью слоя более 3—5 м.

При использовании заторфованных территорий в градостроительных целях необходимо проведение комплекса мероприятий по инженерной подготовке. Наряду с такими обычными мероприятиями, как вертикальная планировка, организация стока поверхностных вод, осушение территории, на заболоченных участках применяются специальные мероприятия. К ним относятся пригрузка торфяной залежи слоем минерального грунта, а также частичное или полное выторфовывание с заменой изъятого слоя минеральными грунтами (рис. 58). Применение тех или иных мероприятий связано с функциональным использованием территории.

На участках залегания торфа, предназначенных под застройку, предусматривается чаще всего пригрузка поверхности минеральными грунтами. При этом толщину слоя минеральных грунтов устанавливают с учетом последующей осадки торфа и обеспечения уклонов поверхности территории для организации стока поверхностных вод. Эти работы проводят наряду с понижением уровня грунтовых вод. На территориях жилых микрорайонов, зеленых насаждений общего пользования, спортивных сооружений минимальную толщину слоя минеральных грунтов принимают равной 1 м, а на проезжих частях улиц и дорог она устанавливается в зависимости от интенсивности движения транспорта. В отдельных случаях при соответствующих обоснованиях допускается производить выторфовывание.

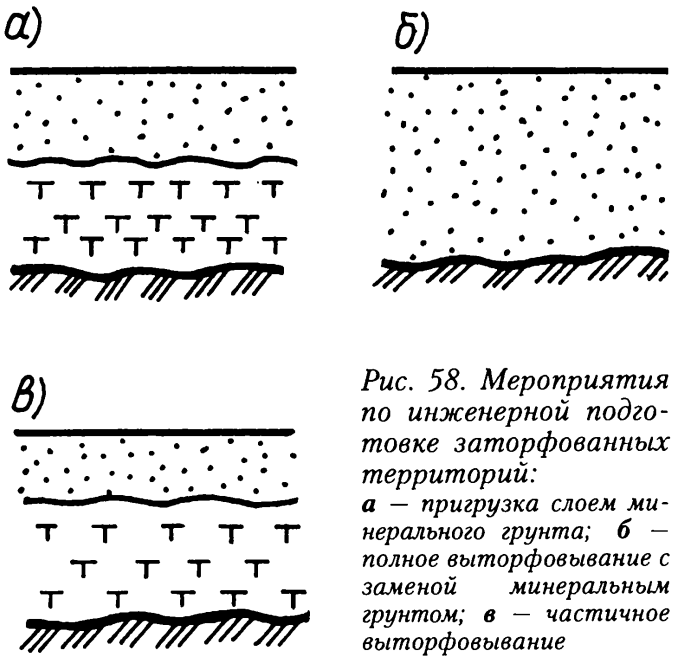



*Рис. 58. Мероприятия по инженерной подготовке заторфованных территорий:*
***а** — пригрузка слоем минерального грунта; **б** — полное выторфовывание с заменой минеральным грунтом; **в** — частичное выторфовывание*

Пригрузка болот позволяет ликвидировать просадочность торфяных грунтов в результате создания насыпи, которая воспринимает динамические нагрузки от движения транспорта и статические от зданий и сооружений. Здания возводят на свайном основании, передающем нагрузку на прочные подстилающие слои.

Метод выторфовывания заключается в полном удалении торфяного слоя с заменой его минеральным грунтом. Величина необходимой насыпи определяется как разность между планировочной отметкой поверхности территории и отметкой минерального дна болота. Основной недостаток этого метода по сравнению с методом пригрузки — большой объем земляных работ, особенно при мощности торфяного слоя более 1,5—2 м. Поэтому выторфовывание применяется локально, на отдельным участках, главным образом на улицах, площадях, промышленных территориях.

Вертикальная планировка территории на пригруженных болотах для уменьшения объемов земляных работ производится с использованием минимальных уклонов, обеспечивающих организацию поверхностного стока. При этом наиболее часто применяют пилообразный профиль как улиц и проездов, так и территорий застройки.

Осушительную сеть, используемую для временного понижения уровня грунтовых вод перед пригрузкой торфяного слоя, устраивают обычно открытого типа. Она состоит из осушителей, собирателей и отводящих каналов. В постоянной дренажной системе применяют как систематический, так и контурный дренажи.

В комплексе инженерных мероприятий по градостроительному использованию заболоченных и заторфованных участков значительное внимание уделяется благоустройству естественных и искусственных водоемов, входящих в общую систему осушения территории. Первостепенную роль при этом играет определение отметки водной поверхности водоемов для усиления дренирования прилегающих территорий.

Мероприятия по инженерной подготовке болот и заболоченных территорий позволяют обеспечить соблюдение санитарных и градостроительных норм осушения, стабилизацию поверхности, условия для произрастания зеленых насаждений и в конечном итоге создать условия для нормального проживания населения.

## *8.2. Строительство в районах распространения многолетнемерзлых грунтов*

Многолетней мерзлотой называется толща постоянно промороженных грунтов, всегда имеющая отрицательную или нулевую температуру. Обычно температура вечной мерзлоты колеблется в пределах от 0 до минус 7 °С и, как правило, ниже минус 10 °С не опускается. В таком состоянии многолетнемерзлые грунты могут сохраняться неопределенно долгое время — до десяти тысячелетий. Территории с многолетнемерзлыми грунтами весьма распространены и занимают около 20 % всей суши земного шара. Особенно остро проблема освоения территорий в условиях многолетней мерзлоты стоит в нашей стране (рис. 59).

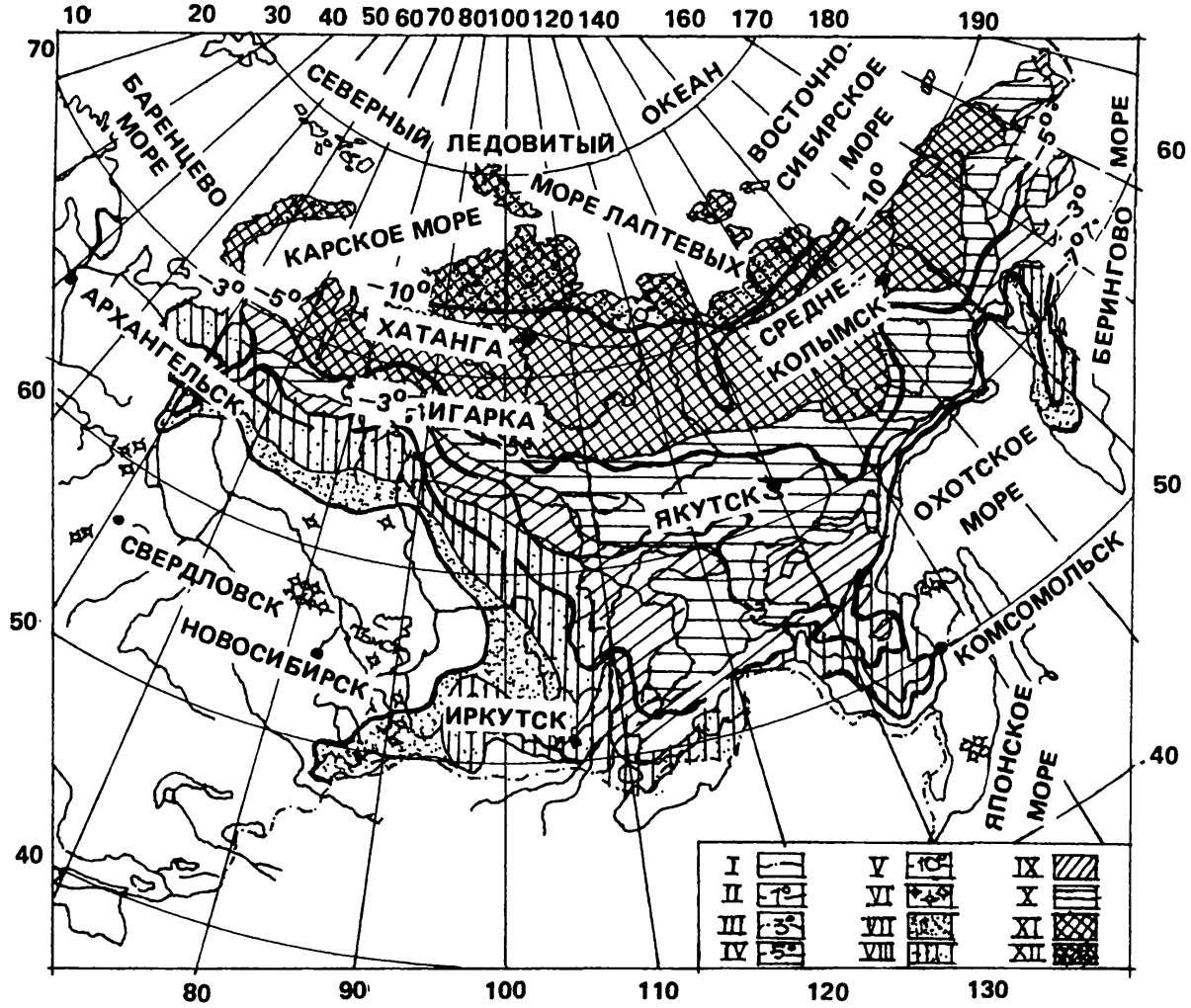



*Рис. 59. Карта распространения многолетнемерзлых пород и грунтов на территории стран СНГ: **I** — южная граница распространения многолетней мерзлоты (изотерма 0° на глубине 10 м); **II** — изотерма — 1° на глубине 10 м; **III** — изотерма — 3° на глубине 10 м; **IV** — изотерма — 5° на глубине 10 м; **V** — изотерма — 10° на глубине 10 м; **VI** —отдельные пункты обнажений многолетней мерзлоты; **VII** — зона отдельных островков: многолетнемерзлой толщи мощностью до 15 м; **VIII** — то же, мощностью 15—60 м; **IX** — то же, 60—120 м; **X** — то же, 120—250 м; **XI** — то же, 250—500 м; **XII** — то же, более 500 м*

Освоение природных богатств Севера, Сибири и Дальнего Востока сопровождается строительством крупнейших добывающих и перерабатывающих комплексов и транспортных магистралей. Этот процесс влечет за собой дальнейшее развитие крупных сложившихся городов (Воркута, Норильск, Якутск) и бурный рост новых городов (Надым, Уренгой, Тында, Сургут, Северо-Байкальск и др.).

**Характерные черты многолетнемерзлых грунтов.** Мощность вечной мерзлоты измеряется десятками и сотнями метров. Область распространения многолетней мерзлоты (вечной мерзлоты) подразделяется на четыре зоны в зависимости от мощности и температуры мерзлых пород и сезонного протаивания: арктическую, субарктическую, умеренно-холодную и южную. Глубина сезонного протаивания изменяется от 0,3—0,4 м в арктической зоне до 1—1,5 м и более в южной. Температура и мощность слоя также уменьшаются от севера к югу. Максимальная из обнаруженных толщ вечной мерзлоты составляет 600 м (на севере Якутии).

По характеру залегания в вертикальном разрезе многолетняя мерзлота обычно представлена сплошным слоем разной толщины, иногда содержащим включения талого грунта. Реже происходит чередование мерзлых и талых слоев — слоистая многолетняя мерзлота. Достаточно часто толщи вечномерзлого грунта обогащены включениями льда разнообразной формы и размеров. Верхняя часть толщи вечномерзлых грунтов, которая оттаивает в летний период и промерзает зимой, носит название **деятельного слоя.** Ниже слоя вечной мерзлоты располагается **подмерзлотный слой** (рис. 60).

Многолетняя мерзлота препятствует продвижению грунтовых вод и служит достаточно надежным водоупором. Однако грунтовые воды циркулируют в ее толще по прослойкам и жилам талого грунта. Подземные воды в районах вечной мерзлоты по форме их залегания разделяются на три типа: надмерзлотные, межмерзлотные и подмерзлотные. При выходе грунтовых вод на поверхность

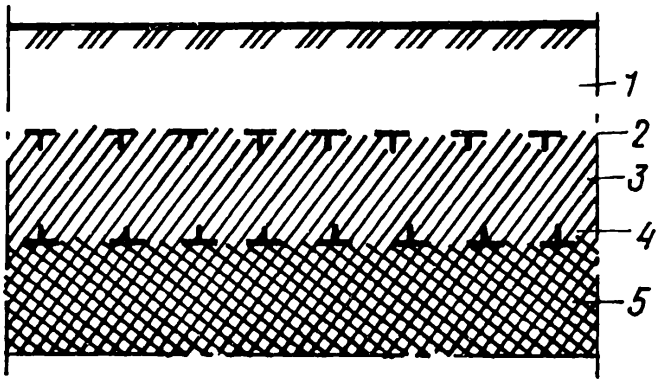



*Рис. 60. Схема строения толщи многолетнемерзлых грунтов:*
*1 — деятельный слой; 2 — верхняя граница мерзлоты; 3 — многолетнемерзлый слой; 4 — нижняя граница мерзлоты; 5 — подмерзлотный слой*

образуются наледи, иногда значительных размеров.

В районах многолетней мерзлоты в основном распространены супеси, суглинки и др. При переходе в мерзлотное состояние такие грунты становятся твердыми и приобретают характер скальных пород с высоким пределом прочности. В процессе оттаивания илистые и глинистые грунты переходят в грязеподобное разжиженное состояние, которое характеризуется большим переувлажнением, очень малой несущей способностью и ничтожным сопротивлением сдвигу. В этом случае нагрузка от сооружения может оказаться чрезмерной и начнется выпирание грунта из-под подошвы фундамента и как следствие этого неравномерная осадка сооружения. При переходе при оттаивании из твердого состояния в разжиженное происходит потеря устойчивости естественных и искусственных откосов и их оползание с возможным разрушением связанных с ними сооружений.

Большую неприятность для городской территории и сооружений представляет процесс пучения грунта, представляющий собой увеличение объема замерзающего зимой и оттаивающего летом деятельного слоя. Увеличение объема надмерзлотного слоя и, следовательно, его пучение объясняются образованием в толще грунта прослоев за счет грунтовых вод. Это явление наиболее опасно для свайных опор мостов. На территориях с

многолетнемерзлыми грунтами встречаются морозобойные трещины, возникающие вследствие неравномерного охлаждения грунтов, термокарсты — провальные формы рельефа, образующиеся при оттаивании льдистых вечномерзлых грунтов и поверхностного льда, овраги, наледи.

**Особенности строительства в районах многолетней мерзлоты.** Таким образом, нарушения нормальной работы сооружений происходят по следующим причинам: выжимание грунта из-под подошвы сооружений при оттаивании многолетней мерзлоты; просадочные явления при оттаивании в грунте ледяных масс; неравномерное пучение основания сооружения при промораживании талого грунта; оползание косогоров и откосов при оттаивании мерзлоты; прорыв грунтовых вод с образованием наледей. Выбор территории для населенного места следует производить на основе данных инженерно-геологических (в том числе мерзлотно-грунтовых), топографических, климатических, санитарно-эпидемиологических исследований и технико-экономических расчетов. Территорию рекомендуется выбирать преимущественно вблизи водоемов и зеленых насаждений, максимально защищенную от ветров и снегозаносов, не имеющую участков с подземными льдами или с сильно льдистыми мелкоземлистыми грунтами, торфяниками, термокарстами, наледями. При выборе территории необходимо обеспечить выполнение следующих требований: достаточные размеры площадки (с учетом перспективы развития населенного пункта), допустимые или близкие к ним уклоны поверхности; благоприятные условия водо- и энергоснабжения; использование площадок с грунтами, допускающими наименее сложные конструктивные решения фундаментов зданий и сооружений.

Градостроительное освоение территорий в условиях многолетней мерзлоты в нашей стране и за рубежом ведется на основе двух диаметрально противоположных принципов: сохранение природного температурного режима многолетнемерзлых грунтов (так называемый первый принцип строительства); изменение природного температурного режима (допущение оттаивания) в предпостроечный или эксплуатационный период (второй принцип строительства).

Инженерная подготовка территорий в условиях многолетней мерзлоты имеет свои особенности и связана с необходимостью выполнять достаточно жесткие требования к температурному режиму грунтов, уровню надмерзлотных грунтовых вод, затопляемости территории, а также с проведением специфических мероприятий по борьбе с солифлюкцией, термокарстами, наледями.

При использовании первого принципа строительства основная проблема — предохранение мерзлых грунтов от температурных воздействий зданий, сооружений, инженерных коммуникаций и изменений режима поверхностных и подземных вод. Здесь применяется специальное промораживание грунтов, одним из способов которого является снятие дернового покрова и систематическое удаление снега. За один зимний период грунт возможно проморозить на глубину до 4 м, за два — на 5—6 м. При промораживании грунта в течение нескольких периодов лишенный дерна грунт летом изолируют торфом, шлаком или опилками слоем до 30 см. Применяются также способы охлаждения основания автоматическими жидкостными и парожидкостными установками. Осуществление строительства на основе второго принципа требует использования специальных методов предпостроечного оттаивания грунтов. К ним относятся следующие способы: естественное протаивание, тепловая мелиорация, игловое протаивание, фильтрационно-дренажное протаивание, различные способы электропрогрева. После протаивания грунты уплотняют осушением массива дренированием, водопонижающими устройствами, электроосмосом и пр.

Вертикальная планировка территорий в условиях многолетней мерзлоты представляет определенные затруднения в связи со сложностью разработки мерз-

лого грунта и необходимостью сохранения температурного режима. В том случае, когда грунты сохраняются в мерзлом состоянии, вертикальная планировка производится с сохранением мохового и дернового покровов, с использованием насыпи, с предельно ограниченной срезкой грунта локальными участками с местными возвышенностями. Срезка грунта допускается на тех участках, где используется принцип оттаивания грунтов.

Городские улицы, дороги, пешеходные дорожки наиболее часто проектируются в насыпи с легкими конструкциями дорожных одежд (рис. 61). Это позволяет максимально сохранить температурный режим грунтов и растительный покров. Высота насыпей определяется теплотехническим расчетом. Устойчивость откосов обеспечивается малым углом заложения и в некоторых случаях покрытием слоем теплоизоляционного материала.

Отвод поверхностных вод осуществляется открытым способом с использованием лотков, мерзлотных валов, кюветов и водоотводящих канав (рис. 62). Лотки, кюветы, канавы имеют трапециевидный поперечный профиль с пологими укрепленными склонами. Конструктивно они выполняются из армоцементных и железобетонных плит или сборных блоков по теплоизоляционному слою (мох, торф, плиты из негигроскопичных пористых материалов) с гидроизоляцией. Поверхностные воды из местных пониженных участков удаляются по трубам в лотки водосточной сети.

Благоустройство водотоков и водоемов следует осуществлять из расчета их влияния на протаивание и просадочность грунтов. При берегоукреплении и благоустройстве береговой полосы рекомендуется избегать струенаправляющих дамб, регулирующих сооружений, изменений живого сечения, поскольку эти меропри-

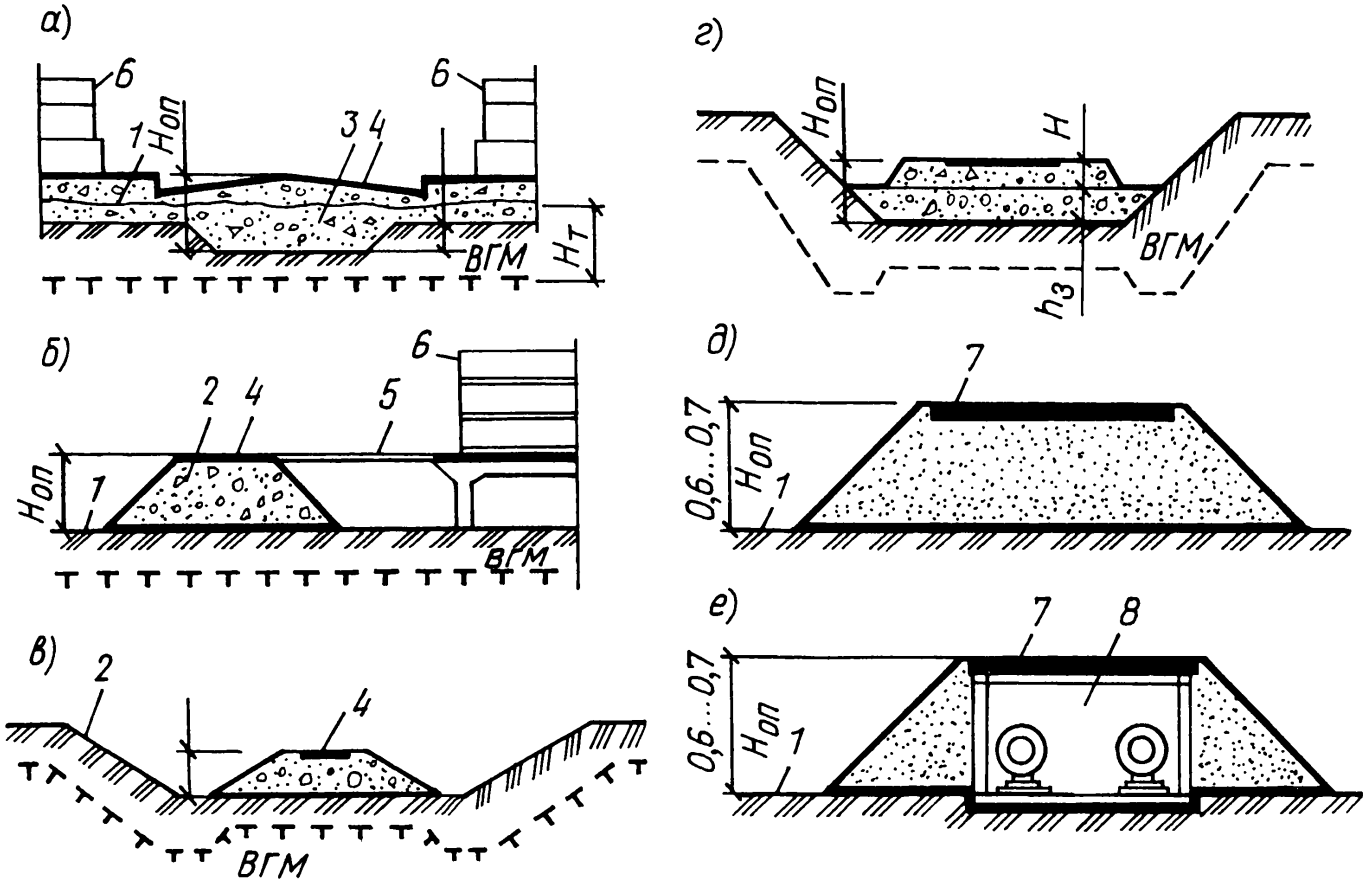



*Рис. 61. Городские магистрали на многолетнемерзлых грунтах:*
***а** — в уровне красных отметок планировки; **б** — на насыпи; **в, г** — в выемке (**г** — с заменой грунта на дне выемки); **1** — отметка существующего рельефа; **2** — проектная отметка планировки; **3** — грунт, подлежащий замене; **4** — дорожная одежда; **5** — подъезд к жилому комплексу; **6** — застройка; **д** — пешеходная дорожка на насыпи; **е** — то же, совмещенная с террасой подземных коммуникаций; **7** — проектная отметка насыпи; **8** — коллектор*

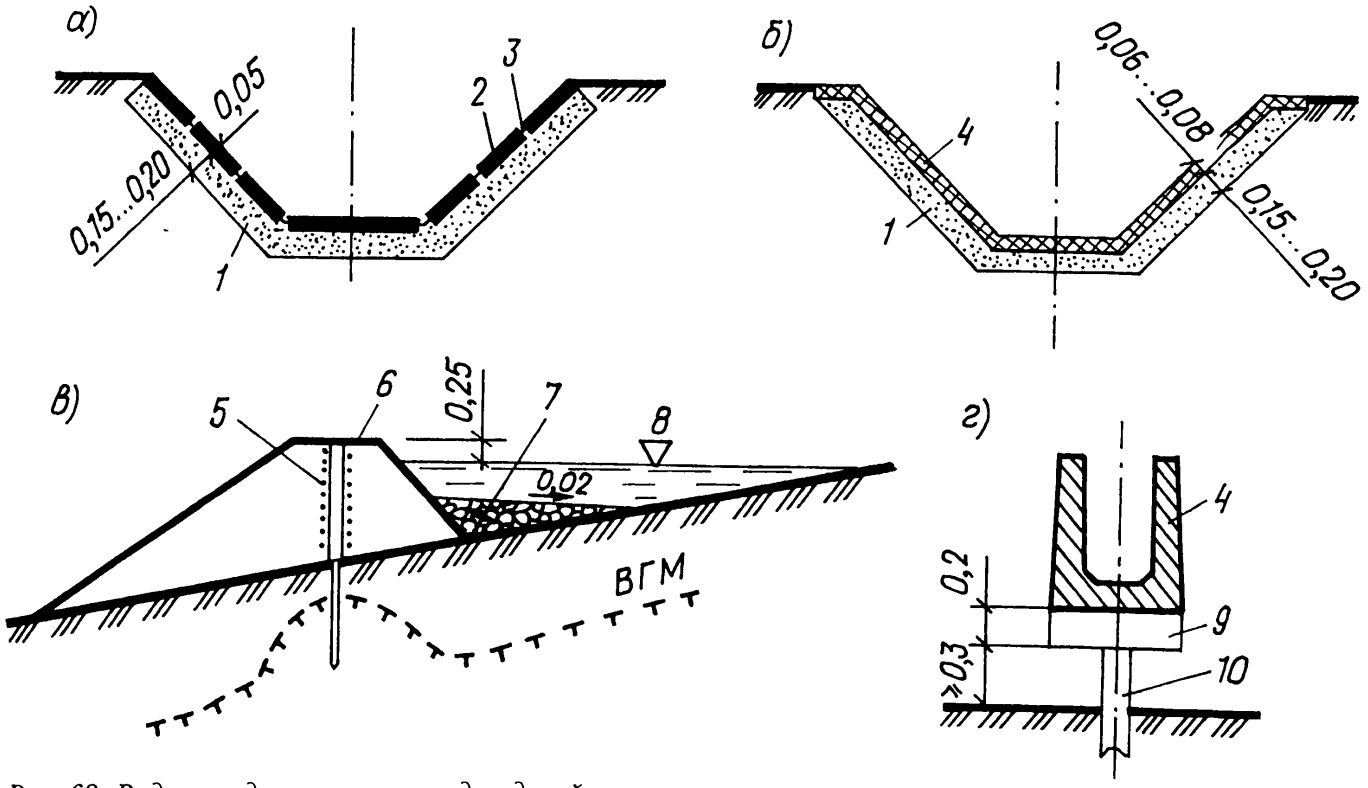



*Рис. 62. Водоотводные элементы дождевой сети:*
***а, б** — лотки, врезанные в грунт; **в** — валы-канавы; **г** — лоток на сваях; **1** — теплоизоляционный материал; **2** — одежда из сборных армоцементных или железобетонных плит; **3** — заделка швов эластичным герметиком; **4** — сборные фасонные железобетонные блоки; **5** — упорная плетневая стенка; **6** — одерновка; **7** — крупный гравий по мху; **8** — расчетный уровень воды; **9** — насадка; **10** — свая*

ятия оказывают влияние на мерзлотно-грунтовые условия. Допускается укреплять заранее спланированные откосы и устраивать стенки набережных. Границу городской застройки следует отодвигать от береговой линии водоемов с учетом сохранения температурного режима грунтов, используемых в качестве оснований. Временное затопление прибрежных территорий допускается лишь при проведении планировочных или инженерных мероприятий, направленных на предотвращение протаивания мерзлых грунтов.

Борьба с неблагоприятными природными условиями и физико-геологическими процессами и такими, как овраги и оврагообразование, оползни, карсты, сводится к применению обычных мероприятий: по инженерной подготовке территорий организации сбора и отвода поверхностных вод путем устройства лотков, нагорных канав, мерзлотных валиков; перехвату грунтовых вод; укреплению склонов и дна оврагов; засыпке небольших оврагов; предохранению естественного контрфорса оползневого склона от разрушения; механическому или физико-химическому повышению устойчивости откосов.

Как отмечалось, в районах распространения многолетней мерзлоты встречаются такие специфические природные условия и процессы, как термокарсты, бугры пучения, морозобойные трещины, наледи. Термокарст образуется в результате вытаивания льдистых грунтов, что приводит к образованию провалов, воронок, просадочных озер глубиной 1,5—3 м. Борьба с термокарстами сводится к сохранению температурного режима мерзлых грунтов, особенно сильно льдонасыщенных. Одним из эффективных средств борьбы с образованием термокарста является сохранение естественного растительного покрова.

Неблагоприятны для градостроительного использования территории бугры пучения. Срезать их не рекомендуется, поскольку это приводит к нару-

шению температурного режима и протаиванию грунтов с последующей просадкой. Поэтому в условиях многолетней мерзлоты сохранение естественного состояния растительного покрова и рельефа необходимо и по инженерным соображениям.

Морозобойные трещины возникают в результате неравномерного охлаждения грунтов. Для того чтобы избежать их появления, необходимо добиваться равномерного размещения на застраиваемой территории тепловыделяющих сооружений.

Наледи образуются в местах выхода на поверхность грунтовых вод и в местах скопления вод поверхностного стока. Они могут занимать участки площадью до нескольких квадратных километров. Наледи деформируют мосты, трубы, транспортные сооружения. Мероприятия, направленные против образования наледей, заключаются в устройстве мерзлотных поясов и валиков для перехвата поверхностных вод и в ликвидации бессточных участков.

Затраты на инженерную подготовку территорий в условиях многолетней мерзлоты достигают 10 % и более общей стоимости строительства, которая также значительно выше стоимости строительства в средней полосе нашей страны.

### *8.3. Особенности градостроительства в районах, подверженных землетрясениям*

Землетрясения относятся к наиболее опасным и разрушительным явлениям, которые нарушают стабильность, изменяют поверхность земли и часто приводят к многочисленным человеческим жертвам. На земном шаре ежегодно происходит до 100 тыс. землетрясений. Большинство из них едва ощутимо и отмечается лишь точнейшими приборами — сейсмографами. Около 100 землетрясений в год являются разрушительными и одно — катастрофическим.

Сила землетрясений огромна. Так, при весьма сильном землетрясении 1911 г. в районе Алма-Аты освободилось такое количество энергии, которое может дать Днепрогэс при непрерывной работе на полную мощность в течение 325 лет. Землетрясение 1950 г. в Гималаях по своей энергии было равно энергии взрыва 100 тыс. атомных бомб. Эти цифры могут дать представление о тех громадных разрушениях в бедствиях, которые вызываются сильными землетрясениями, особенно в том случае, когда эпицентр располагается близко к центральной части городской территории. Драматические последствия землетрясений широко известны. Историей отмечен ряд сильнейших землетрясений, имевших место в различных странах и сопровождавшихся многочисленными разрушениями и человеческими жертвами. Во время землетрясения 1737 г. в Калькутте погибло свыше 300 тыс. человек. Катастрофическое по числу жертв землетрясение произошло в 1755 г. в Лиссабоне, когда была полностью разрушена столица Португалии и погибло 50 тыс. человек. Такое же число жертв было во время землетрясения в Перу 31 мая 1970 г. Землетрясение на Сицилии в 1908 г. стоило жизни 75 тыс. жителей.

Землетрясение 1 сентрября 1923 г. в Японии полностью разрушило города Токио и Иокогаму. В Иокогаме было разрушено 11 тыс. зданий и сгорело 59 тыс. домов. В Токио погибло свыше 100 тыс. человек и пострадало более 300 тыс. зданий, а ущерб от землетрясения составил около 3 млрд долларов. Общее число жертв превысило 140 тыс. человек. Сильнейшее землетрясение в провинции Кансу (Китай) в 1566 г. унесло 800 тыс. жизней.

Землетрясение в Чили 1960 г. — самое сильное из всех землетрясений прошлого века захватило площадь свыше 200 тыс. км$^3$ и характеризовалось грандиозными оползнями. Следующим, еще более трагическим по числу жертв, было землетрясение в Скопле (Югославия) 26 июля 1963 г. Эпицентр землетрясения, разрушившего большую часть города, находился в 6—10 км к северу от Скопле, поэтому город испытал почти полную силу колебаний.

Исключительное по силе катастрофическое землетрясение произошло 4 декабря 1956 г. в Монголии и смежных

районах. Оно сопровождалось огромными разрушениями. Один из горных пиков оказался расколотым пополам. Часть горы высотой 400 м обрушилась в ущелье. Образовалась впадина длиной до 18 км и шириной 800 м. На поверхности земли появились трещины шириной до 20 м, одна из которых протянулась на 250 км.

Крупное землетрясение произошло сравнительно недавно в 1983 г. в столице Мексики — Мехико. Эпицентр этого землетрясения находился в Тихом океане, недалеко от курортного города Акапулько, однако оно поразило всю территорию страны. Число погибших в мексиканской столице превысило 4 тыс., свыше 20 тыс. получили тяжелые увечья и ранения, более 25 тыс. человек полностью лишились своих жилищ.

За последние десятилетия зарегистрировано несколько катастрофических землетрясений в Ялте, Ашхабаде, Ташкенте, Армении. Спитакское землетрясение, происшедшее 7 декабря 1988 г., разрушило Ленинакан, Кировакан, Спитак и другие города, десятки сельских населенных пунктов. В результате этого землетрясения более 25 тыс. человек погибло и около полумиллиона осталось без крова.

**Природа землетрясений.** Согласно теории упругой отдачи земная кора (верхняя оболочка земного шара максимальной толщиной 60—75 км) во многих местах медленно смещается под действием глубинных сил. Подобные смещения вызывают упругие деформации, достигающие таких величин, при которых возникает разрыв. Происходит внезапная подвижка по образовавшемуся разрыву, которая распространяется по его поверхности. Таким образом, землетрясения представляют собой результат внезапного снятия напряжения в земной коре, при котором неизбежно образуются трещины, т.е. они порождаются сильными и внезапными нарушениями сплошности, разрывами и разломами, а также смещениями в земной коре.

Физическая природа сейсмических колебаний связана с внутренними и внешними механическими импульсами, возбуждающими в среде упругие волны. Импульсы могут возникать в результате разрядки упругих напряжений (тектонические процессы); провалов пещер, горных обвалов, падения метеоритов, ядерных взрывов; тепловых взрывов в верхней зоне мантии; вулканической деятельности.

Место, где происходит разрыв или сдвиг по сейсмическому шву, где зарождаются сейсмические волны, называется очагом, фокусом или гипоцентром землетрясения. Точка, расположенная на земной поверхности и лежащая над гипоцентром, называется эпицентром. Обычно гипоцентр находится в пределах земной коры на глубине 5—60 км от поверхности Земли. Известны землетрясения, очаги которых располагались на глубине 300—600 км. Наиболее разрушительные землетрясения имели гипоцентр, не превышающий глубины 60—100 км.

Сейсмический импульс и вызываемое им колебательное движение поверхностных слоев земной коры в основном измеряются несколькими секундами, но при сильных землетрясениях этого оказывается вполне достаточно для катастрофических последствий. Обычно длительность колебания землетрясений 10—15 с, но отмечены землетрясения с непрерывным продолжительным колебанием в течение 5 минут и более. Сейсмические колебания имеют различную амплитуду (размах). Запись колебательных движений, или сейсмограмма землетрясения, приведена на рис. 63.

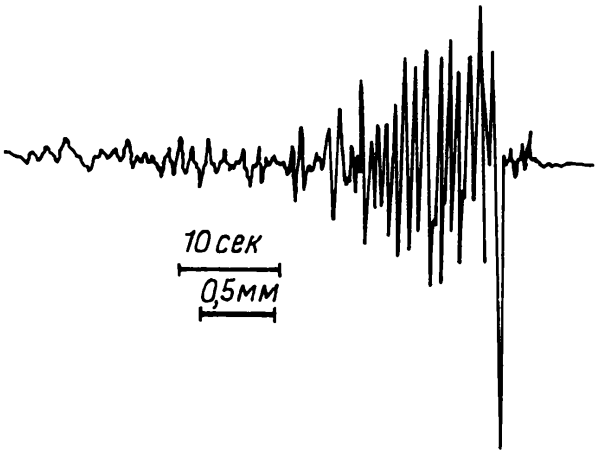



*Рис. 63. Сейсмограмма землетрясения интенсивностью 6 баллов (Таджикистан)*

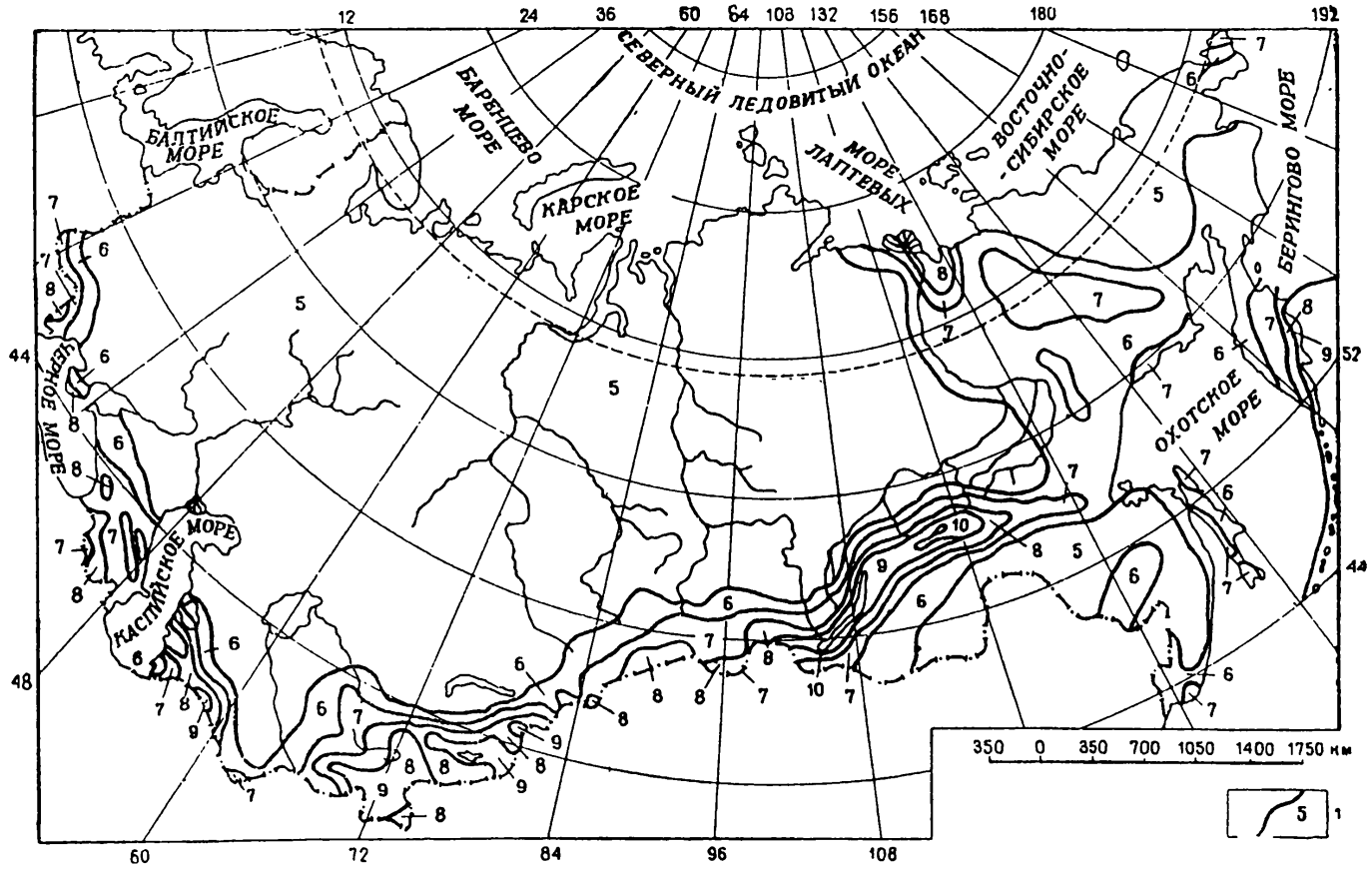



*Рис. 64. Схема сейсмического районирования территории стран СНГ и Балтии. Цифры указывают балльность зоны*

Наиболее распространены землетрясения, связанные с тектоническими процессами, главным образом они проявляются в определенных зонах земной поверхности — в областях наиболее молодых складчатых горных систем, находящихся в процессе формирования. В равнинных условиях землетрясения или совсем не наблюдаются, или представляют собой очень редкое явление. На территории бывшего Советского Союза сильные землетрясения происходят в молодых горных областях: Закавказье, Крым, Прибайкалье, Дальний Восток, Камчатка и т.д. (рис. 64). Области, подверженные частым землетрясениям, называются **сейсмическими**.

Землетрясения, как правило, сопровождаются разломами и смещениями земной коры. Часто при этом возникают провалы и происходят внезапные подъемы отдельных участков. Иногда отмечались исчезновения в водах океана целых островов, вследствие поднятия морского дна у прибрежной полосы возникали обширные пространства суши и наоборот — в связи с опусканием участков суши отмечалось затопление морем береговой полосы. Нередко при землетрясениях наблюдаются относительные смещения отдельных участков в горизонтальной плоскости (сдвиги).

Формы сейсмических проявлений очень многообразны. Часто при землетрясениях происходят огромные оползневые и обвальные явления. Например, при слабом землетрясении в 1964 г. обрушилось около 25 млн $м^3$ породы в долине р. Зеравшан (Таджикистан), перегородив русло естественной дамбой высотой 120 м.

Силу землетрясений измеряют в соответствии с принятой двенадцатибалльной шкалой. Начиная с интенсивности в 5 баллов, землетрясение ощущается практически всеми людьми. Легкие повреждения зданий происходят при землетрясении в 6 баллов, значительные повреждения и разрушения отдельных зданий — 8 баллов, общее разрушение зда-

ний — 11 баллов. Землетрясения силой 7 баллов и выше сопровождаются образованием оползней, обвалов и осыпей, волнением воды в водоемах вплоть до прибоя (при 10 баллах), повреждениями насыпей и дамб, образованием трещин и пр. Землетрясение силой 8 баллов характеризуется как разрушительное, 9 баллов — опустошительное, 10 баллов — уничтожающее, 11 — катастрофическое и 12 баллов — сильная катастрофа.

Естественно, землетрясения будут происходить и в дальнейшем. В сейсмически активных районах уже существует достаточно большое число городов, поселков и других населенных мест, которые будут реконструироваться и расширяться, наряду с этим появятся новые. Следовательно, при освоении таких областей необходимо всемерно использовать и улучшать все возможные средства защиты людей и сооружений. В том случае, когда эпицентр землетрясения находится в центре города, в границах городской территории или в непосредственной близости от нее, происходит неизбежное разрушение зданий, коммуникаций и сооружений, что сопровождается человеческими жертвами. Поэтому землетрясения наиболее опасны для городов, особенно с большой численностью населения, и их возможность должна учитываться в градостроительстве.

Практика показала, что даже при сильных землетрясениях в ряде городов среди общего разрушения оставались неповрежденными большие здания, выполненные по специальным проектам в целях обеспечения их устойчивости при землетрясениях. Это показывает, что правильный учет сейсмических сил при проектировании тех или иных сооружений позволяет осуществлять строительство в сейсмически активных районах с весьма высокой надежностью. Основой для проектирования на таких территориях являются карты сейсмического районирования, показывающие границы сейсмических зон с различной балльностью. Однако возможны определенные отклонения. В зависимости от строения толщи земной коры при одной и той же силе удара могут возникать различные по величине сотрясения. В одних и тех же районах, но с различными природными условиями могут быть участки с повышенной сейсмичностью. Такими участками будут заболоченные места, тальвеги, площади с высоким горизонтом подземных вод и оползневые склоны. В плотных породах землетрясения распространяются быстрее и захватывают большие пространства. Однако при этом разрушения зданий будут менее значительны, чем на рыхлых породах.

**Градостроительные мероприятия в сейсмоопасных районах.** Сильные землетрясения, как было сказано выше, наносят большие разрушения целым городам. Поэтому в градостроительстве необходимо учитывать возможность возникновения землетрясения не только при выборе конструкций зданий, но и при решении генерального плана застройки, инженерной подготовки и благоустройства территорий, населенных мест, расположенных в сейсмических зонах.

В планировке населенных мест, расположенных в сейсмоопасных районах, необходимо: использовать для городской застройки и размещения промышленности площади с наиболее устойчивыми в сейсмическом отношении грунтами; скальные породы, плотные и маловлажные крупнообломочные грунты;

исключать из застройки территории с повышенной сейсмичностью (сильно расчлененный рельеф с наличием обрывистых берегов, оврагов, ущелий, болот и др., наличие физико-геологических процессов, насыщение водой гравийных, песчаных и глинистых грунтов и т.д.);

предусматривать при решении генеральных планов городов дополнительные внешние связи, а также объездные пути внутри городской территории, которые можно использовать в случае выхода из строя основных магистралей;

предусматривать в планировке жилых и промышленных районов безопасные открытые площади для эвакуации населения (рис. 65);

размещать здания на перекрестках улиц с отступом от красных линий; ши-




*Рис. 65. Планировка территории с учетом эвакуации населения*

рину улиц намечать с учетом этажности, но не уже 3—4-кратной высоты зданий; разрывы между зданиями должны быть в 1,5—2 раза больше, чем в обычных условиях.

В инженерной подготовке и благоустройстве территорий, подверженных сейсмическому воздействию, следует учитывать специфику по сравнению с другими участками. Проектируя вертикальную планировку дорог, улиц, площадок различного назначения, участков под здания и сооружения, необходимо избегать их размещения в полувыемке-полунасыпи, используя в основном выемку грунта, придавать особое внимание устойчивости естественных и искусственных откосов, делая их более пологими (уменьшать крутизну). При размещении застраиваемой территории вдоль склонов следует предусматривать мероприятия по защите от возможных оползней, обвалов и осыпей. В случае использования подпорных стенок необходимо обращать особое внимание на их устойчивость на опрокидывание.

Подземные инженерные сети, включая водосточные и дренажные системы, выполняются с гибкими соединительными участками во избежание их разрывов при вертикальном и горизонтальном смещениях во время колебательных движений грунта.

Поскольку влагонасыщенные грунты обладают повышенной сейсмичностью, понижение горизонта грунтовых вод производится на значительно большую глубину (глубокое дренирование), чем того требует норма осушения. Это мероприятие уменьшает сейсмическую балльность участка. Серьезное внимание уделяется устойчивости гидротехнических сооружений (плотин, дамб), особенно при защите городской территории от затопления, при этом особо опасным может быть возникновение волн в водоемах при землетрясении. Землетрясения происходят не только на суше, но и под водой (на дне океанов и морей),— т.н. моретрясения.

Толчки морского дна вызывают перемещение водных масс, что приводит к появлению огромных поверхностных волн — цунами. На поверхности океанов волны цунами распространяются с огромными скоростями, достигающими 800 и даже 1000 км/ч, при высоте в десятки метров. Обрушиваясь на берег, они вызывают огромные разрушения. Так, при землетрясении в 1896 г. в Японии были отмечены волны высотой 30 м, нахлынувшие на берег. Они снесли свыше 1000 домов, а число жертв превысило 27 тыс. человек. Как землетрясения, так и цунами будут происходить всегда — остановить их невозможно. Поэтому большое значение имеет своевременное оповещение о приближении цунами, что позволяет избежать человеческих жертв.

### *8.4. Инженерная подготовка территории в районах распространения карстов*

Водостойкость пород определяется их стойкостью против растворения (выщелачивания). Особенно интенсивно поддаются выщелачиванию породы, представлющие собой растворимые в воде химические осадки (каменная соль, гипс и т.д.), а также карбонатные породы (известняки, доломиты) вследствие их относительно малой химической устойчивости. Подземные воды при встрече с растворимыми породами выщелачивают их, и эти процессы приводят к образованию карстовых явлений, возникновению в толще пород различных пустот, подземных ходов, пещер.

Название явления выщелачивания растворимых пород происходит от названия известнякового плато Карста, расположенного на побережье Адриатического моря к юго-востоку от Триеста (Югославия), где эти явления широко развиты и выражены на поверхности в виде своеобразных форм рельефа. В других условиях образуются пещеры весьма крупных размеров. Известны Кунгурская пещера в гипсах, расположенная в Пермской обл., с лабиринтами протяженностью около 46 км. Оптимистическая пещера в Подолии с протяженностью ходов 100 км и др.

**Природа карстовых явлений.** Одной из первичных форм карстового рельефа являются карры — щели на поверхности, разделенные узкими или широкими гребнями. Из них при благоприятных условиях развиваются более сложные формы, так называемые **поноры** — вертикальные отверстия, поглощающие поверхностные воды и отводящие их в глубину карстовых массивов. На поверхности они выражены в виде щелей или отдельных дыр. Довольно часто встречаются карстовые формы, имеющие вид естественных колодцев, глубина которых значительно превышает их поперечник. Такие колодцы характеризуются отвесными стенками. Подобную форму, но при большой глубине имеют естественные шахты. Известна естественная шахта глубиной 118 м при диаметре 75—100 м.

Наиболее известными и широко распространенными карстовыми формами являются воронки различном формы: воронки или конусы с относительно крутыми склонами, чаши или блюдца с пологими склонами и небольшой глубиной. Диаметр большинства карстовых воронок от 1 до 50 м, но встречаются 100 м и более. Глубина их относительно небольшая и редко превышает 15—20 м.

Появление воронок возможно и в случаях обрушения кровли над существующими подземными пещерами и пустотами. Они носят название воронок провального типа и широко распространены в Ленинградской, Московской, Тульской, Ивановской областях. Часть таких карстовых воронок заполняется поверхностными водами и образует озера. Поноры, карстовые воронки собирают атмосферные воды и отводят их с поверхности, в связи с чем сильно закарстованные территории характеризуются почти полной безводностью.

Часто на территориях с развитыми карстовыми процессами, где на поверхности существуют водопоглощающие отверстия (поноры, воронки), а в толще пород — пустоты и пещеры, поверхностное течение рек почти отсутствует и заменяется подземным. Исчезающие с поверхности реки — характерная и широко распространенная особенность закарстованных районов. Этим областям присуще и другое своеобразное явление — периодически исчезающие карстовые озера, широко распространенные в пределах Русской равнины. Известны такие озера в Ивановской, Горьковской и других областях.

Наряду с образованием своеобразных форм рельефа на земной поверхности для карста характерно значительное развитие подземных полостей и пещер. Атмосферные осадки по трещинам карстующихся пород проникают в глубину и при движении образуют преимущественно вертикальные ходы. Вертикальное движение воды происходит до того уровня, когда она достигнет водоупорных пород.

За тысячи лет вода создала уникальные пещеры. Примером может служить Новоафонская пещера, представляющая собой глубокую карстовую полость в мощных пластах известняка, которая находится в междуречье Адзыквы и Псырцхи на высоте 220 м над уровнем моря. Вода, просачиваясь сквозь трещины, создала подземные дворцы с громадными залами высотой 50—90, длиной до 260 м и общим объемом пустот более 1 млн $м^3$. Пласты известняка образуют причудливые изображения, напоминающие окаменевший водопад, занавеси, башни, плотины-каскады, известковые цветы и т.д. Интереснейшими кальцитовыми образованиями являются сталактиты и сталагмиты.

Чаще всего карст развивается в известняках и гипсе, но в слабых формах своего развития возможен и в мелу. Встречается также глинистый карст в засоленных глинах и в лессовых толщах. Последствия развития карстовых образований проявляются в виде просадок, провалов, карстовых воронок, образующихся при провале кровли карстовых пещер и пустот. Число таких воронок различных размеров и глубины в закарстованных районах может измеряться десятками, а иногда и сотнями на 1 км$^2$ территории. Например, провал с образованием воронки свыше 100 м в поперечнике и глубиной 20 м известен в Ивановской области. В закарстованных районах нередки случаи, когда ручьи и реки уходят с поверхности и образуют подземные потоки, поскольку в результате выщелачивания пород образующиеся пустоты связываются между собой.

Карсты достаточно широко распространены. Они известны в Прибалтике, Подмосковье, Донбассе, на Урале, Уфимском плато, в Крыму, Средней Азии, во многих местах на Кавказе, в Сибири и на Дальнем Востоке. Карстующиеся породы занимают на земной поверхности около 51 млн км$^2$, т.е. около 35% суши.

Различают активный карст, находящийся в процессе своего развития, и пассивный, прекративший свой рост. Наиболее опасен активный карст. Кроме этого, известен карст, погребенный, перекрытый породами, отложившимися после его развития. Карсты бывают мелкие, развивающиеся в верхних слоях земли, и глубокие (глубинные).

Наиболее опасны в отношении карстообразования атмосферные воды, которые проникают в растворимые породы по трещинам. Поэтому наиболее интенсивное карстообразование наблюдается в зонах с повышенной трещиноватостью толщ растворимых пород. Процесс выщелачивания зависит от типа пород. Выщелачивание водой карбонатных пород (известняки, доломиты) протекает во времени относительно слабо и медленно, хотя даже в таких сравнительно трудно растворимых породах, как известняки, в определенных условиях может достигать огромных размеров. Поэтому, оценивая такие породы, приходится считаться с уже существующим карстом, поскольку резкое и быстрое развитие карста исключается.

Иное положение складывается на территориях при наличии сульфатных пород — гипса и каменной соли. В связи с их большой растворимостью опасность выщелачивания увеличивается, и в определенных условиях карстообразование может быстро прогрессировать со всеми последующими отрицательными проявлениями. Карст в сульфатных породах развивается очень быстро, и ежегодно могут появляться новые провалы и воронки.

Образование карста может оставаться незамеченным сравнительно продолжительное время, он обнаруживается уже при осадке или провале поверхности земли, здания и сооружений. Исходя из этого необходимо проводить самые тщательные инженерно-геологические изыскания. Наиболее важно изучение гидрогеологических условий территории. Для исследований закарстованных территорий применяют также специальные геофизические методы, включая сейсмическую разведку. Образующиеся в результате карстовых явлений просадки и провалы поверхности земли вызывают разрушение зданий, сооружений и коммуникаций. Отсутствие уверенности в стабильности рельефа на закарстованной территории усложняет ее градостроительное использование. Значительные повреждения, а иногда и полное разрушение различных сооружений происходят в связи с провальными явлениями, происходящими за счет оседания и провала кровли карстовых полостей, оказавшихся под сооружением. Для значительных по массе сооружений карстовые пустоты при их близком расположении к земной поверхности представляют реальную угрозу. Однако известны случаи провала кровли и под влиянием незначительных нагрузок. Например, неожиданно произошел провал под весом трактора с образованием полости глубиной около 50 м, заполненной водой до 26 м. Известны далеко

не единичные случаи провалов и разрушений железнодорожных путей, опор мостов, тоннелей железных и автомобильных дорог, плотин.

Наличие карстовых явлений, как отмечалось, усложняет использование территории в градостроительных целях, создавая планировочные ограничения. Оценка устойчивости земной поверхности на закарстованной территории по скорости образования воронок, предложенная З.А. Макеевым, ведется по пяти категориям: весьма неустойчивые — 5—10 воронок в год на 1 км$^3$; неустойчивые — до 5 воронок в год на 1 км$^2$; средней устойчивости — 1 воронка на 1 км$^2$ в течение 1—20 лет; устойчивые — 1 воронка в течение 20—50 лет; весьма устойчивые — свежие провальные формы не отмечаются в течение последних 50 лет.

Данная оценка закарстованных территорий не содержит сведений о возможности их использования в градостроительных целях, а дает лишь относительную классификацию территории по ступени стабильности поверхности. С градостроительной точки зрения применяется следующая оценка территорий, подверженных карстообразованию: благоприятные — отсутствие карстов в пределах населенного места; неблагоприятные — наличие затухших карстов с неглубокими воронками в незначительном числе; особо неблагоприятные — значительное число воронок активного карста глубиной более 10 м и наличие карстовых полостей.

Участки с особо неблагоприятными условиями, т.е. с активным развитием карста, в границах его распространения подлежат исключению из застройки. Таким образом, наиболее простым решением задачи использования территории является вынос сооружений за пределы участков карстового проявления. В случае, когда это невозможно осуществить по тем или иным причинам, следует размещать сооружения в зонах наименьшего проявления карста.

Поскольку провал кровли карстовых пустот происходит под воздействием нагрузки, то при проектировании сооружений необходимо определить безопасную глубину залегания древних карстовых полостей в зоне развития карбонатных пород под фундаментом сооружения и сульфатных (легко карстующихся) пород, перекрытых некарстующимися породами. В этом случае опасность провальных явлений значительно возрастает одновременно с развитием карстовых пустот в ширину и с приближением их свода к поверхности. При развитии карста в сульфатных породах необходимо учитывать возможность его роста во времени. За пределами свода обрушения влияние карстовой полости при условии стационарного ее состояния сказываться не будет.

Инженерная подготовка территории с карстовыми явлениями осуществляется в двух направлениях: ликвидация карста (при малых размерах, небольшой площади распространения и малой активности процесса); ограничение развития карста и приведение поверхности земли над карстом в удобное для использования состояние.

В связи с тем, что основной причиной образования и развития карстов является выщелачивание гидрохимических неустойчивых пород, главная задача инженерной подготовки на закарстованных территориях — исключение доступа поверхностных и грунтовых вод в растворимые породы. Это достигается организацией стока поверхностных вод, перехватом их открытыми канавами, лотками, закрытой водосточной системой и прекращением или ограничением поступления в карстовые полости подземных вод их дренированием. Большое значение имеет также закрытие карстовых воронок на поверхности земли для прекращения поступления через них поверхностных вод в карстовые пустоты.

При опасности провала кровли карстовых полостей и невозможности расположить здания и другие сооружения на более благоприятном месте прочность закарстованных пород обеспечивается путем заполнения пустот раствором под давлением. Для этого используют смеси, обогащенные мелкозернистым песком, и цементно-глинистый раствор.

Трещины, пустоты открытого карста, провалы поверхности ликвидируются путем их засыпки при вертикальной планировке, осуществляемой в комплексе мероприятий по инженерной подготовке территории под застройку.

### *8.5. Строительство в районах распространения дюн и барханов*

Ветер — один из важнейших факторов, изменяющих рельеф земли. Наиболее интенсивно геологическая деятельность ветра проявляется в пустынях, полупустынях, тундре и на лишенных растительности побережьях океанов, морей, рек и озер. Все процессы и отложения, связанные с деятельностью ветра, называются **эоловыми.**

**Дюны** — эоловые отложения, представляющие своеобразные формы рельефа песков, образованные ветровой аккумуляцией. Этот термин обычно применяется ко всем песчаным скоплениям вне зависимости от климатических и зональных условий. Однако в нашей стране он имеет более узкое значение и употребляется лишь в связи с формами рельефа внепустынных песков, т.е. песков на побережьях морей, озер, речных террасах, зондовых равнинах и др. Формирование дюн происходит на берегах водоемов в том случае, когда господствующие ветры дуют по направлению к берегу.

**Барханы** — материковые дюны, холмы сыпучего песка, сформировавшиеся под действием ветра на территориях пустынь.

Основные территории с барханной формой рельефа — пустыни Каракум и Кызылкум. Морские и речные дюны располагаются на берегах Белого, Балтийского, Черного, Каспийского, Аральского морей, по среднему и нижнему течению рек Волги, Дона, Днепра, Амударьи, Сырдарьи, Оби и Енисея. Озерные дюны встречаются на берегах Ладожского, Онежского, Балхашского озер (рис. 66).

**Сущность явления.** Наиболее опасно не наличие песчаных образований, а перемещение их, так как именно передви-




*Рис. 66. Схема размещения движущихся песков:*
*1 — дюны; 2 — барханы*

жение дюн и барханов меняет рельеф территории и наносит ущерб, иногда очень значительный, пляжам, автомобильному и железнодорожному транспорту, сельскому хозяйству, оазисам и населенным пунктам и т.д.

Движение песков вызывается главным образом незакрепленностью их растительностью. Антропогенное воздействие часто приводит к отрицательным последствиям. Строительство без учета специфики этой ландшафтной зоны, продолжительная эксплуатация одного и того же участка, неумеренное применение технических средств, выпас скота, вырубка кустарника, несвоевременное восстановление нанесенного ущерба приводят к развеиванию закрепленных песков, их передвижению и открывает дорогу барханным пескам к плодородным обжитым местам. К таким же последствиям ведет неаккуратная прокладка дорог, разрыхление песка при монтаже нефтяных вышек, опор ЛЭП и пр. (рис. 67, 68).

Уже в давние времена люди пытались остановить продвижение песков, устраивая глинобитные заборы, ямы, изгороди, но это не защищало от песчаных заносов.

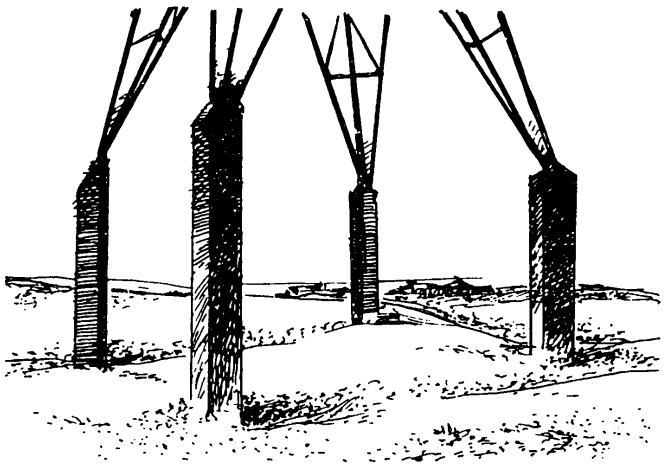


*Рис. 67. Обнаженные опоры основания ЛЭП*

Приходилось бросать обжитые места и искать новые участки для поселений. Такие случаи были не редкостью на берегах Балтийского моря. Дюны несколько раз засыпали перемещавшийся пос. Нагляй, дер. Карвайчяй. Результатом неосторожной вырубки Гучнешских лесов явились многочисленные заносы дюнами станиц на Дону. Наступление пустыни на южной границе Самары поглощает в год более 100 тыс. га территории.

Перенос частиц породы начинается при скорости ветра более 4 м/с. Основным материалом переноса являются



*Рис. 68. Песчаные заносы на дороге под Хазарасном*



*Рис. 69. Первоначальная форма золового процесса*

песчинки. При малых скоростях ветра воздействие происходит лишь на мелкие частицы песка. С увеличением скорости в процесс переноса вовлекаются все более крупные частицы. Первоначальная форма эолового процесса представляет собой песчаную рябь — систему параллельных асимметричных валиков, расположенных перпендикулярно к действующему в данное время направлению ветра (рис. 69).

Образование и перемещение дюн происходят следующим образом. Намытый волнами и течением на берег песок высыхает, передвигается ветром и, встречая на своем пути какое-либо препятствие, начинает отлагаться на подветренной стороне. Для дюн характерен более мелкий песок, чем для барханов. Песчинки от 0,1 до 0,5 мм, скатываясь через гребень, образуют крутой склон первоначальной дюны. В дальнейшем образуется дюна, имеющая вид эллиптического асимметрического холма. У дюн выпуклую форму имеют крутые склоны, а «хвосты» расположены сзади дюн на наветренной стороне. Пологий склон обращен навстречу ветру и имеет угол наклона 8—20°. Склон, расположенный с подветренной стороны, приближается к углу естественного откоса сухого (30—33°) или увлажненного (до 40°) песка.

Высота дюн от 5—10 м на берегах рек до 20—30 м и выше в районах озер и морей. Известны и более высокие дюны. Например, на Куршской косе Балтийского моря (Литва) дюна достигает высоты 58 м. В Ландах, на побережье Бискайского залива (Франция), существует дюна высотой более 97 м. Дюнные образования имеют динамичный характер. Они могут перемещаться в направлении господствующего ветра со средней скоростью до 10 м в год в зависимости от массы песка и скорости ветра.

Эволюция внепустынных дюн при господстве одного или ряда близких направлений ветра выражается в постепенном переходе от приморских или прирусловых дюнных валов, как правило, поперечных ветру, в скобовидные, параболические или шпилькovидные формы. При сезонных ветрах, направленных под углами менее 90°, формируются копьевидные дюны. В районах с конвекционным или интерференционным режимом ветров развиваются округлые валообразные дюны с развеванием из центра к периферии. При этом со временем из простых форм дюн образуются сложные.

Барханные формы рельефа наиболее резко выражены в тропических пустынях с оголенными песками, где в силу крайней сухости (осадков выпадает менее 50 мм/год) растительность не сдерживает быстрого перевевания песков. Это пустыни Северной Африки, Аравии, Центральной Азии.

Однако барханные пески могут развиваться и в пустынях со значительно большим количеством осадков (до 150—180 мм/год), но при ветрах со среднегодовой скоростью, достигающей 6—8 м/с. Во внетропических пустынях песчаный рельеф в основном развивается в условиях полузаросших песков, где растительность сдерживает, но не прекращает движения песков. Таковы пустыни Средней Азии, Казахстана, Австралии и др.

Одиночные и групповые барканы, навеянные на плотный грунт (при недостаточном количестве песка), обычно имеют небольшую высоту — от 0,5 до не-

скольких метров, но со временем могут увеличиваться и достигать высоты более 100 м. Для барханов характерны серповидные очертания в плане, но в отличие от дюн выпуклую форму имеют не крутые, а пологие склоны. Длинный, пологий наветренный склон бархана с углом наклона 5—14°, а короткий, крутой подветренный склон — 30—33°, который переходит в вытянутые по ветру «рога». Такая разница в очертании дюн и барханов объясняется тем, что на дюнах быстрее просыхает и движется вперед их верхняя часть, а нижняя быстрее зарастает. Поэтому откос осыпания оказывается не вогнутым, как у бархана, а выпуклым, а «рога», которые у барханов движутся быстрее и уходят вперед по ветру, у дюн, наоборот, остаются на месте и оказываются оттянутыми назад.

В районах сплошных песков образуются как простые барханные формы рельефа малых и средних размеров высотой до 10—20 м, так и сложные, где эти формы сочетаются с крупными с относительной высотой до 300 м и более. Барханы в зависимости от режима ветров принимают различные формы: барханные гряды, продольные господствующим ветрам или вытянутые по их равнодействующей; барханные цепи, поперечные взаимопротивоположным ветрам; барханные пирамиды в местах конвекции вихревых потоков и пр. При этом барханы могут совершать поступательное, колебательное и сложное движения в зависимости от направления ветров (рис. 70).

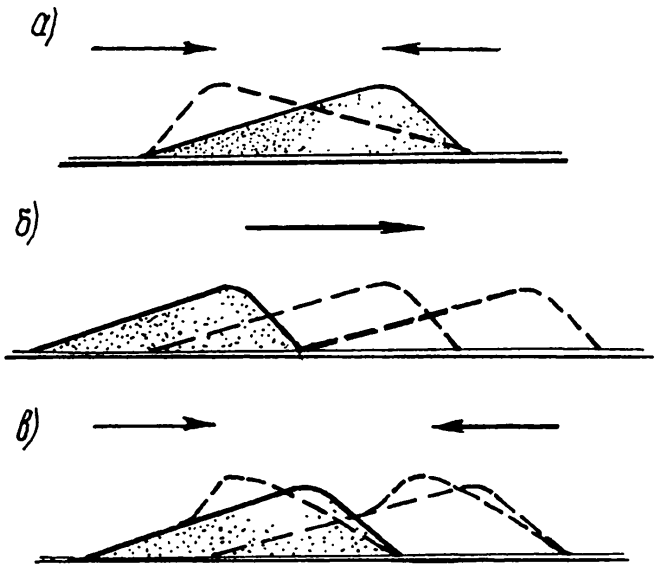



*Рис. 70. Движение барханов в зависимости от направления ветра:*
***а** — колебательное; **б** — поступательное; **в** — сложное (колебательно-поступательное)*

Сложное движение сочетает колебательное и поступательное при преобладании ветра, вызывающего поступательное движение. В пустынях Каракумы и Кызылкум существуют все три типа движения барханов (рис. 71). Не закрепленные растительностью барханы могут перемещаться ветром с очень различной скоростью — от десятков сантиметров до сотен метров в год.

Естественно, что поступательный тип движения песков наиболее нежелателен. На южной окраине пустыни Каракумы поступательное движение барханных цепей составляет 12—15 м в год при высоте около 4—5 м. К этому же виду поступательного движения песков относятся пески в районе г. Небит-Дага, где дующие в течение всего года сильные северо-восточные ветры передвигают пески в юго-западном направлении.

**Мероприятия по борьбе с дюнами и барханами.** Процессы ветровой эрозии песков, особенно на участках, затронутых деятельностью человека (вокруг населенных мест, вдоль автомобильных и железных дорог, возле колодцев, у различных хозяйственных объектов), получают большое развитие, если им не противопоставлены своевременные меры борьбы — мероприятия по закреплению песков и созданию условий для использования этих обширных территорий.

Мероприятия по инженерной подготовке сводятся к пассивным и активным мерам. Поскольку наибольшее отрицательное воздействие на песчаных территориях приносят вырубка кустарника и бессистемный выпас скота, то пассивные меры заключаются во всемерной охране естественной растительности в целях предотвращения нежелательных последствий нарушений динамического равновесия в засушливых зонах.

Активные меры — закрепление песков различными способами. Основным ме-

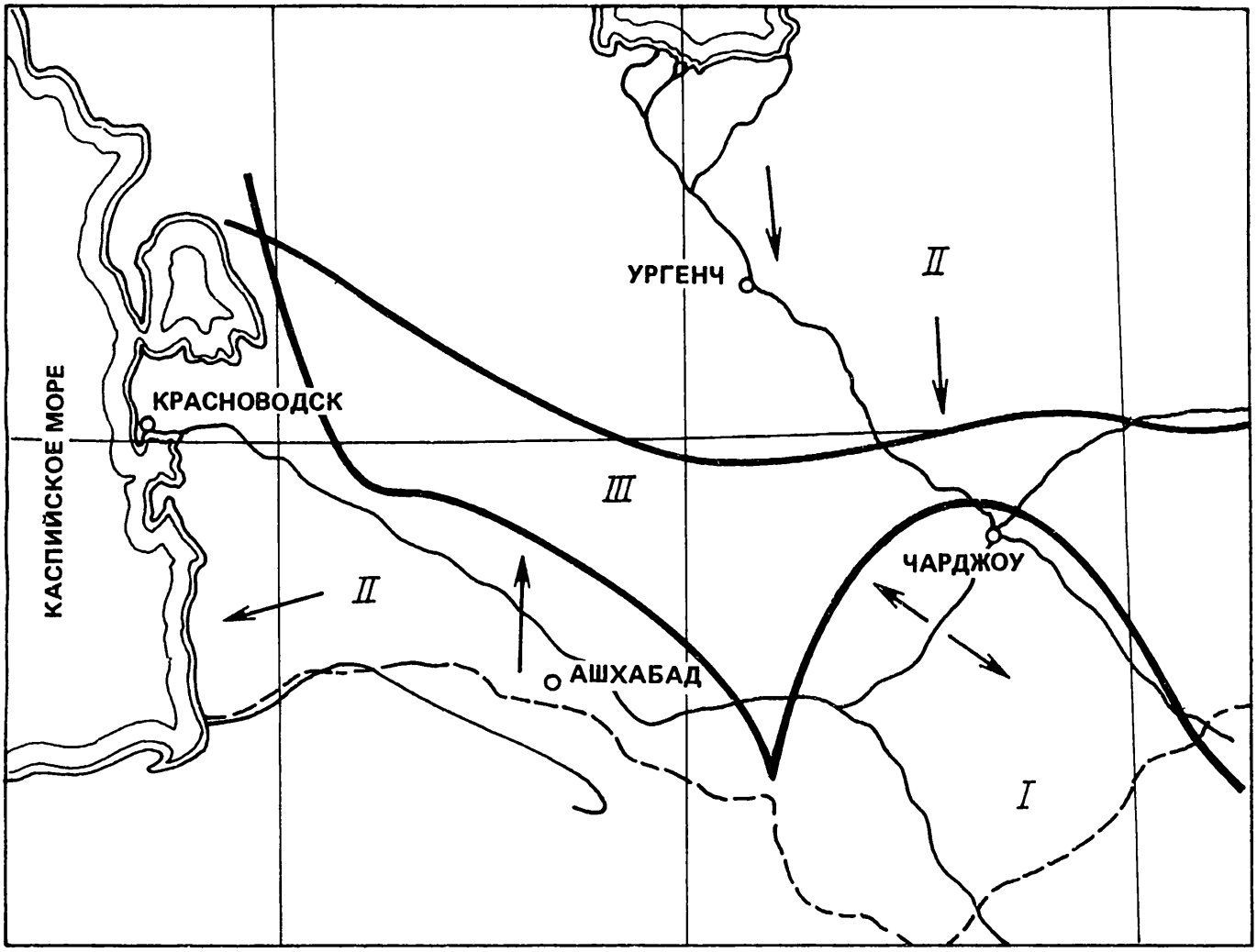



*Рис. 71. Схематическая карта районов различных видов движения песков и барханных цепей:*
***I** — колебательного; **II** — поступательного; **III** — колебательно-поступательного*

роприятием этого направления является фитомелиорация песков — улучшение их состояния посредством разведения растительности, постепенного закрепления песков и повышения их хозяйственной продуктивности. Таким образом, основной метод борьбы с передвижением песков — их закрепление путем выращивания растительности, которая образует дерновый покров песка. Условия произрастания растений в пустыне весьма жесткие. Однако в процессе длительной эволюции некоторые растения выработали исключительную устойчивость к экстремальным условиям существования — неблагоприятному режиму увлажнения, высоким температурам, повышенному содержанию солей. К таким растениям в первую очередь относятся перносаксаульник, белый саксаул, кандым, черкез, песчаная акация, селин перистый и др.

Пустынные растительные покровы развиваются на закрепленных травянистой растительностью песчаных поверхностях. Мочковатыми корнями закрепляется и оструктуривается только поверхностный слой на глубину до 20 см, однако тонкие корешки растений проникают на глубину до 1 м. На песках растительность состоит обычно из трех ярусов: кустарниковый, полукустарниковый и травянистый.

Произрастание растительности сказывается на характере барханных цепей, резко изменяя их подвижность. Отдельные кустарники задерживают около себя часть барханной цепи, образуя крупный бугор. Разрозненные отрезки барханной цепи при дальнейшем движении понижаются и делаются более доступными для заселения растениями. Таким образом постепенно барханная цепь превращает-

ся в ряд неподвижных бугров. В дальнейшем по межбарханным понижениям и межбугровым пространствам начинает поселяться травянистая растительность и пески почти полностью теряют возможность к передвижению.

Закрепление дюн производится более сложным путем, но также с применением растительности. Пляж, с которого ветер уносит песок на дюны, закрепляют посевом трав и посадкой кустарника; дюны же сначала закрепляют посевом трав, а затем посадкой деревьев, главным образом сосен, хорошо растущих на песчаной почве. Кроме того, к посадке растений добавляется еще процесс укрепления плетнями, создание искусственной «передовой» дюны и закрепление на время полимерными пленками.

Для создания искусственной защитной дюны часто устраивается ряд кольев или плетней, возле которых оседает песок и тем самым делает возможным облесение естественных дюн, остановившихся на некоторое время. По мере образования перегноя появляется возможность разведения сосен и других древесных пород. Такие работы были проведены, например, в Латвии. Закрепление дюн было начато в 1835 г. К началу 1960-х гг. работы закончились, и теперь все 594 га летучих песков покрыты густой растительностью. Таким же образом были остановлены Алешкинские пески в низовьях Днепра, засаженные ивняком.

Песчаные территории представляют собой огромные свободные площади с возможным использованием после их освоения и закрепления. В последнее время в строительстве стали применять полимерные пленки для временного закрепления движущихся песков. К сожалению, эта мера, хотя и эффективна, не долгосрочна и может быть использована в редких случаях.

Помимо укрепления поверхности сыпучих песков методом фитомелиорации используются и механизационные установки. Разработан и применяется достаточно эффективный метод культивации песчаных почв путем внесения в них жидкого раствора торфа, коренным образом преобразующего почвенную структуру песков. Этим раствором пропитывается песок на глубину до 0,8—1 м. В верхнем слое почвы он уменьшает пористость, способствуя задержанию влаги. Верхний и особенно нижний слои пропитанной торфом почвы содержат необходимые для произрастания растений органические вещества.

Для повышения противофильтрационной и несущей способности песков используется также способ смолизации грунта, который заключается в инъекционном насыщении его закрепляющей смесью смол (низкой вязкости). Эта смесь обладает способностью отвердевать в грунтовых условиях, образуя в комплексе с минеральными частицами грунта искусственный камень с малым коэффициентом фильтрации (порядка $10^{-4}$—$10^{-6}$ м/сут) и достаточно высокой прочностью на сжатие (до 30 МПа).

В последние годы пустынные территории все более активно осваиваются. Однако прямая солнечная радиация, тепловое излучение нагретых поверхностей, высокая температура воздуха и низкая влажность, а также сухой, горячий ветер и пыль оказывают сугубо отрицательное воздействие на микроклимат и гигиенические условия проживания людей. Кроме того, отсутствие источников воды и зеленых насаждений значительно усложняет мероприятия по борьбе с перегревом, которому подвергается организм человека, проживающего в этих условиях.

Исходя из перечисленных природных условий пустынь ясно, что населенные места в первую очередь должны выполнять функцию защиты от неблагоприятного климата. Планировка и застройка населенных мест, расположенных в пустыне, должна проектироваться с учетом следующих факторов: высокая температура воздуха от интенсивной солнечной радиации; большая отражательная способность нагретых песка и поверхностей предметов, покрытий, стен, что вызывает сильный перегрев среды; безводность территории, большие затруднения в

организации водоснабжения населенных мест и искусственной мелиорации; отсутствие условий для произрастания зеленых насаждений без специальной агротехнической обработки песчаного грунта или привоза плодородной почвы, что ограничивает площадь озеленения; возможность существования или образования подвижных песков; однообразие рельефа.

Таким образом, планировочная структура населенных мест обусловливается прежде всего необходимостью создания изолированного от пустыни пространства; создания и сохранения в нем прохлады и тени. В зависимости от конкретных местных условий населенные места могут иметь вытянутую или компактную форму в плане. В районах с поступательным движением песков населенные места и здания должны иметь обтекаемую форму, которая не препятствует движению ветропесчаного потока. Их следует располагать длинной стороной в направлении преобладающего ветра. С наветренной короткой стороны устраивается закругленное ограждение, а с подветренной стороны, где обычно происходит отложение песка, ограждение имеет форму входящего острого угла. При такой застройке ветропесчаный поток не теряет скорости, обходя обтекаемое препятствие, и не отлагает песка. В районах с менее интенсивным ветровым режимом и при колебательном виде движения песков населенные места проектируются компактной формы с максимальной изоляцией территорий от влияния горячих и пыльных ветров.

Большие затруднения в обеспечении населения питьевой водой и для хозяйственных нужд (отсутствие поверхностных источников, глубокое залегание грунтовых вод, строительство каналов и водоводов большой протяженности, подвоз воды транспортом, сооружение опреснительных установок и пр.) приводят к ограничению численности населения. Населенные места, расположенные в пустынях, в большинстве случаев небольшие, с численностью населения до 50 тыс. человек. При этом плотность жилищного фонда следует увеличивать по сравнению с плотностью поселений в оазисах на 20—30 %, а плотность застройки жилой территории может приниматься ориентировочно 35—40 %.

Поскольку населенные места, расположенные в пустыне, представляют собой искусственно созданную среду, защищающую жителей от неблагоприятных природных факторов, то их архитектурно-планировочное решение характеризуется максимальной компактностью и изолированностью от окружающей среды. Лишь в районах с ярко выраженным односторонним ветровым режимом они могут иметь расчлененную структуру плана для свободного пропуска ветропесчаного потока.

Планировочная структура селитебной зоны характеризуется концентрацией жилой застройки. Она осуществляется компактными жилыми группами, расчлененными узкими, как правило, пешеходными улицами, затеняемыми домами. Для сокращения расстояний обслуживающие учреждения и предприятия некоторых отраслей промышленности располагаются в центральной части жилых районов при группах жилых домов.

Возможно использование иного решения застройки жилой территории — создание многоэтажными домами защитного экрана вокруг участков, застраиваемых малоэтажными домами с приквартирными двориками (рис. 72). Представляет интерес застройка, которая формируется из ячеек в виде жилых групп с затененными пешеходными улицами, которые при выходе из жилых групп образуют замкнутое пространство, где располагаются участки общего отдыха и обслуживающие учреждения (рис. 73). Общественный центр следует проектировать в виде непрерывной системы и по возможности размещать под защитой жилой застройки.

В застройке населенных мест могут использоваться как малоэтажные, так и многоэтажные жилые здания. Малоэтажные жилые дома следует проектировать с приквартирными двориками, огорожен-

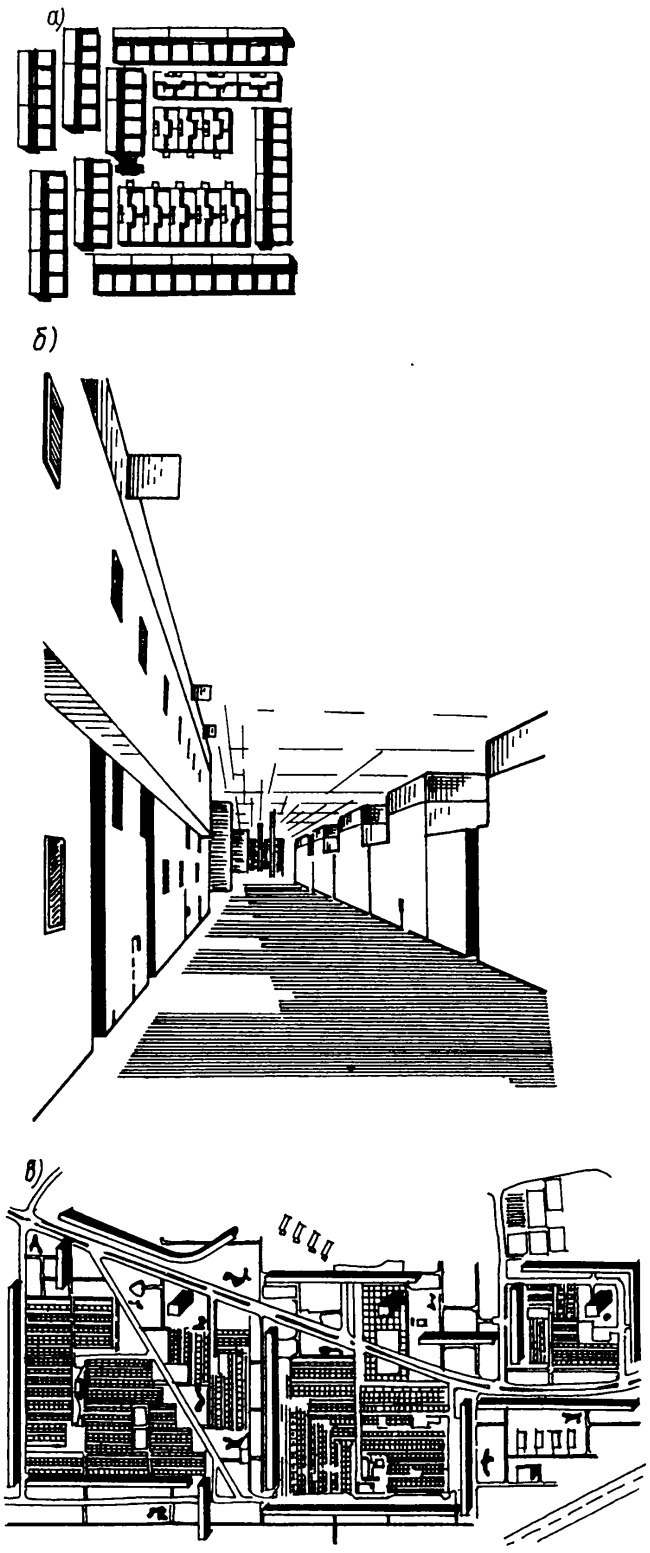



*Рис. 72. Планировочная структура селитебной зоны:*
***а** — пример компактной жилой застройки; **б** — общий вид улочки в зоне малоэтажной застройки; **в** — размещение многоэтажных жилых домов в виде экрана, занижающего малоэтажную жилую застройку от горючих и пыльных ветров пустыни*

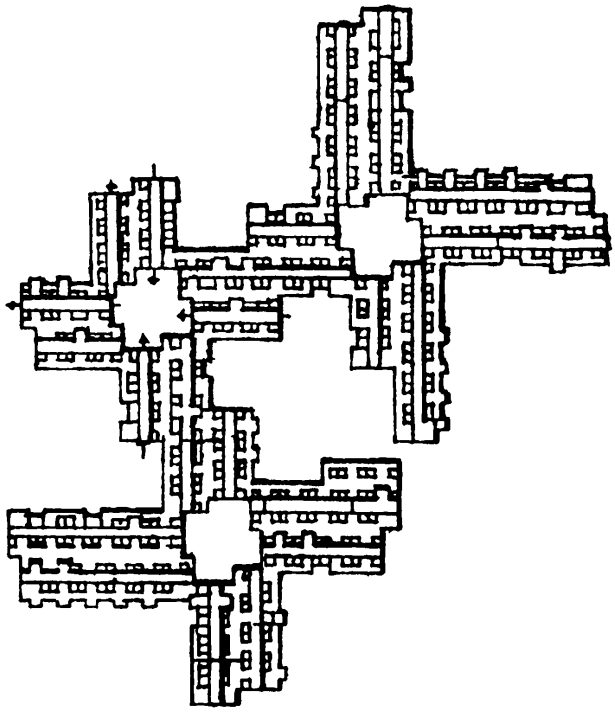


*Рис. 73. Пример компактной жилой застройки из ячеек в виде жилых групп*

ными со всех сторон стенками. Дворики могут быть расположены на уровне земли или на плоской крыше. При этом следует учитывать возможность линейной блокировки зданий между собой, что позволяет осуществлять компактную застройку. Используются типы домов без сквозного проветривания квартир, с вынесенным санитарно-кухонным блоком и открытой лестницей на второй этаж (рис. 74), при этом на кровле одноэтажных частей могут устраиваться места для ночного сна.

При многоэтажной застройке наиболее целесообразны жилые здания с большой шириной корпуса, что обеспечивает создание глубоких помещений, выходящих коротким фронтом по фасаду. Оконные проемы, как правило, оборудуются экраном, защищающим от солнца, ветра и пыльных бурь. Большинство проемов узкие, чтобы уменьшить освещенность и яркость дневного света в помещениях. Многоэтажные здания должны оборудоваться установками искусственного улучшения микроклимата помещений. Ориентация жилых зданий должна обеспечивать нормативную инсоляцию жилых помещений в

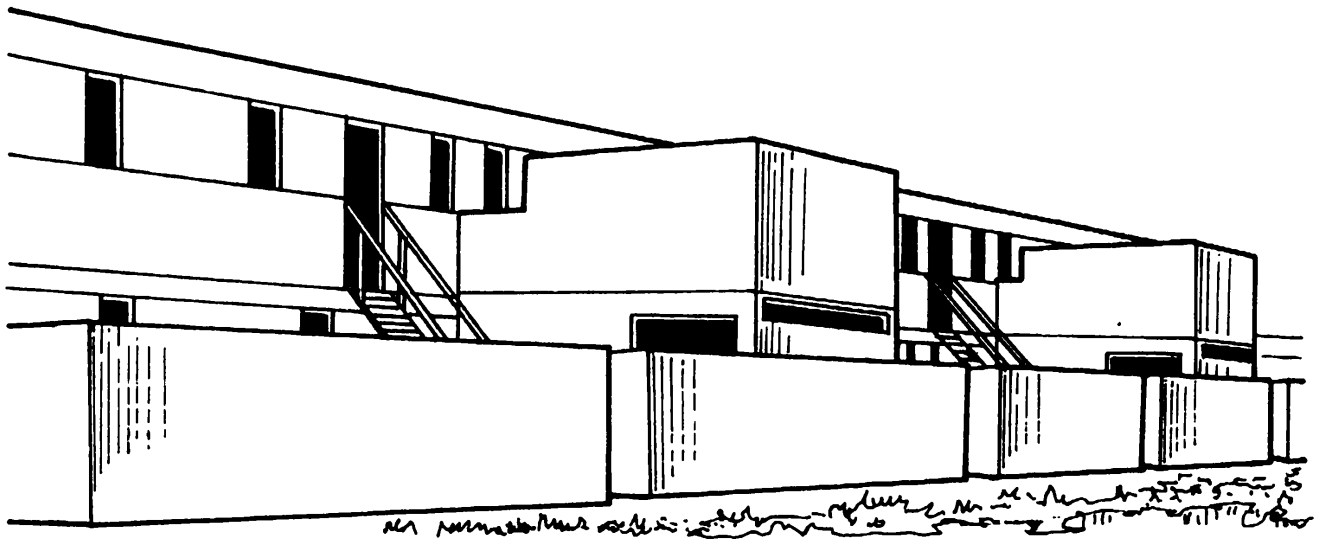


*Рис. 74. Жилой дом с линейной конфигурацией плана*

холодный период времени и защиту от перегрева в жаркий период года. При этом необходимо также учитывать направление пыльных ветров.

Дефицит воды, неблагоприятные почвенные условия, требующие применения специальной агротехники, значительно удорожают работы по озеленению, что требует внимательного отношения к размещению и посадке зеленых насаждений.

Норму зеленых насаждений, приходящуюся на одного жителя, следует принимать минимальной.

# РАЗДЕЛ 2.
# БЛАГОУСТРОЙСТВО ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Значение городского благоустройства очень велико. По уровню благоустройства 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 в целом. Уровень городского благоустройства так же, как и качество общестроительных работ, отражает общую градостроительную культуру общества — очень часто хорошее благоустройство и безукоризненная отделка зданий создают благоприятное впечатление от застройки независимо от ее чисто архитектурных достоинств. И, напротив, неряшливый вид улиц, дворовых пространств, недостаток зелени, обилие пустырей и «ничейных» земель значительно ухудшают впечатление и от неплохой в целом архитектуры.

Под благоустройством городских территорий в узком смысле этого слова понимают комплекс инженерных, архитектурно-планировочных, лесохозяйственных и иных мероприятий, способствующих улучшению утилитарных, экономических и эстетических качеств территории селитебной, промышленной, коммунально-складской и других функциональных зон города.

В отличие от инженерной подготовки территории (являющейся, как об этом говорилось выше, также одной из составляющих благоустройства в широком смысле этого слова) работы по инженерному благоустройству, как правило, проводятся не до, а одновременно или после основного строительства. Исключение составляют, пожалуй, лишь прокладка подземных коммуникаций и строительство дорог (в редких случаях озеленение). Несмотря на это, виды и формы инженерного благоустройства, безусловно, должны соответствовать функциональным и эстетическим особенностям застраиваемых территорий, и обеспечение этой задачи является профессиональным долгом архитектора-градостроителя.

Формы благоустройства территории весьма многообразны. Они зависят не только от природно-климатических условий местности, но и от особенностей городских территорий. В городские земли обычно входят застроенные, озелененные, одетые в дорожные одежды территории, а также акватории. Благоустройство всех этих территорий весьма специфично. хотя в той или иной мере и содержит все основные элементы. Застроенные территории нуждаются главным образом в прокладке инженерных коммуникаций, устройстве тротуаров, озеленении, освещении. Озелененные пространства необходимо организовать в соответствии с их функцией (парк, сад, сквер и т.д.), осветить, оборудовав малыми архитектурными формами, пешеходными дорожками и т.д. Улицы и площади прежде всего требуют устройства современных покрытий, освещения, озеленения, береговая полоса акваторий — ее инженерной защиты, озеленения и освещения и т.д. Функциональная неоднородность городской территории также связана с особыми требованиями к благоустройству промышленных, селитебных и других функциональных зон города. В каждом населенном месте ведутся и практически будут вестись постоянно работы по благоустройству. Развитие городов и поселков, совершенствование видов и форм благоустройства, ремонт отдельных его элементов предопределяют большие масштабы работ по благоустройству городов в нашей стране,

Цель второй части данного учебника «Благоустройство городских территорий» — дать студентам-архитекторам представление об основных видах и формах инженерного благоустройства с тем, чтобы в архитектурном проектировании, а также и в практической работе в качестве архитектора широкого профиля они могли выбрать необходимое решение и правильно поставить задачу его дальнейшей конструктивной разработки перед инженерами соответствующего профиля — гидротехниками, дендрологами, светотехниками и др.

В учебник включены главы (в сокращенном объеме и в основном в их инженерных аспектах) «Малые архитектурные формы» и «Озеленение», которые более подробно изучаются студентами-архитекторами в рамках учебного курса «Ландшафтная архитектура». Это сделано потому, что система инженерного благоустройства органично включает в себя и эти его виды, без них весьма трудно уяснить задачи и методы благоустройства городских территорий в целом.

## Глава 9. Подземные инженерные сети

Инженерное обеспечение современного города представляет собой сложную систему инженерных коммуникаций, сооружений и вспомогательных устройств. Инженерные коммуникации бывают подземными, наземными и надземными.

Подземные инженерные сети, главным образом используемые в городах, являются одним из важнейших элементов инженерного благоустройства городских территорий. Городские подземные сети предназначены для комплексного и полного обслуживания нужд городского населения, культурно-бытовых предприятий и потребностей промышленности. К подземным инженерным сетям относятся трубопроводы, кабели и коллекторы.

В подземном хозяйстве города используются **трубопроводы** различного назначения: трубопроводы сети водоснабжения (хозяйственно-питьевые, противопожарные, горячего и промышленного водоснабжения, поливочные); трубопроводы канализации (бытовых, дождевых и промышленных вод); трубопроводы теплоснабжения и газоснабжения. Помимо этих основных трубопроводов в городе могут размещаться трубопроводы специального назначения — дренажи, паропроводы, нефтепроводы, пневматических систем и др.

Трубопроводы подземных инженерных сетей разделяются на транзитные, магистральные, распределительные и разводящие. Магистральные трубопроводы обслуживают город, крупные жилые районы, промышленные и коммунальные зоны. Распределительные трубопроводы обслуживают микрорайоны и являются элементом каждой улицы города. Разводящие трубопроводы прокладываются по территориям жилых микрорайонов.

**Кабельные сети** включают электрические сети высокого и низкого напряжения, предназначенные для электроснабжения (в том числе наружное освещение и обеспечение электротранспорта), и кабели слабого тока для телеграфной и телефонной связи, радиовещания и сигнализации специального назначения.

На территории города размещаются напорные и самотечные сети. К **самотечным сетям** относятся сети канализации, водостоков и дренажей. По глубине заложения различают сети глубокого и мелкого заложения. К сетям глубокого заложения относятся сети, которые располагаются ниже расчетной глубины проникания в грунт нулевой температуры. К ним относятся сети водопровода, канализации, водосточной системы и пр. Сети мелкого заложения по технологии их эксплуатации могут размещаться в зоне промерзания грунта (теплосеть, кабели различного назначения).

**Коллекторы** представляют собой закрытые каналы, в которых совмещается прокладка различных трубопроводов и кабелей. Основная сеть трубопроводов, кабелей и коллекторов размещается под улицами и площадями города, образуя

сложные подземные системы. Большое количество подземных инженерных коммуникаций прокладывается и по межмагистральным территориям.

### *9.1. Виды подземных инженерных сетей*

Подземные инженерные сети — важный элемент инженерного обеспечения городов, поселков и сельских населенных пунктов, под которым понимается совокупность систем водоснабжения, канализации, электро-, газо- и теплоснабжения, призванных обеспечить функционирование и дальнейшее развитие города.

**Водоснабжение** городов имеет большое значение в связи с тем, что водопотребление на хозяйственно-питьевые, коммунальные и производственные нужды все более увеличивается. Ожидается, что водопотребление на хозяйственно-питьевые и коммунальные нужды достигает 400—500 л и более, например по Москве — более 600 л в сутки на человека). Водопотребление в городах различно и зависит от категории города (численности населения), наличия и развитии промышленности, степени благоустройства города, климатических условий и ряда других факторов.

Источники водоснабжения городов бывают поверхностные и подземные. В основном в городах используются поверхностные водоисточники — реки, водохранилища, каналы и пр., но некоторые города в значительной степени питаются подземными водами (Вильнюс, Алма-Ата и др.).

Одним из крупных потребителей в городах являются промышленные предприятия, причем их потребление может достигать 50—90 % общего суточного расхода воды города.В связи с этим необходимо всемерно сокращать или исключать использование на промышленные нужды воды из коммунального водопровода, поскольку в связи с ухудшением качества источников значительно увеличивается стоимость очистки воды. Решение этой проблемы возможно за счет создания специального технического водопровода (без очистки или с неполной очисткой воды), применения оборотного водоснабжения, использования очищенных сточных вод и безводных технологических процессов.

Для хозяйственно-питьевых водопроводов необходимо максимально использовать ресурсы подземных вод при их соответствии санитарным требованиям. Проекты водоснабжения должны разрабатываться на основе районных схем водоснабжения, где учитываются возможность и экономическая целесообразность размещения объектов нового и расширения существующего промышленного, сельскохозяйственного и жилищного строительства.

На территории города размещаются водопроводные сети различного назначения: хозяйственно-питьевые, противопожарные, поливочные, промышленные. Как правило, хозяйственно-питьевые, противопожарные и поливочные сети объединяются в одну систему, хотя возможно применение поливочной сети мелкого заложения. В засушливых, полузасушливых, пустынных и полупустынных районах поливочные водопроводы образуют самостоятельную систему ввиду значительной потребности в воде на поливку зеленых насаждений.

Водопроводные сети проектируются кольцевыми. Тупиковые линии водопроводов допускается применять в случае подачи воды на хозяйственно-питьевые нужды — при диаметре труб не более 100 мм и при подаче воды на противопожарные нужды — при длине линий не более 200 м. Минимальный свободный напор в сети водопровода города при хозяйственно-питьевом водопотреблении на вводе в здание над поверхностью земли принимается при одноэтажной застройке не менее 10 м, при большей этажности на каждый этаж добавляется 4 м.

**Канализация.** Современное благоустройство города требует наличия развитой канализации для своевременного удаления с городской территории сточных вод, которые в зависимости от состава подразделяются на хозяйственно-бытовые, производственные и ливневые (дождевые и талые) стоки. Для отвода сточных вод в городах применяются об-

щесплавной, раздельный, полураздельный и комбинированный способы.

Общесплавной способ канализации заключается в том, что все городские сточные воды отводятся по одной системе труб. Этот вид канализации применяется недостаточно широко в связи со значительным удорожанием очистных сооружений, но используется в С.-Петербурге, Тбилиси, Самаре, Риге, Вильнюсе и других городах.

При **раздельном** способе устраиваются две сети трубопроводов. По одной сети труб отводятся бытовые и сточные воды, а по другой — дождевые и условно чистые производственные сточные воды. В городах нашей страны раздельный способ канализация наиболее распространен, в том числе и в Москве. Однако следует отметить, что в настоящее время он имеет существенный недостаток, заключающийся в том, что поверхностные стоки сбрасываются в водоемы, как правило, без достаточной очистки, тем самым способствуя их загрязнению. Этот способ следует считать наиболее прогрессивным, но требующим высокой степени очистки ливневых стоков.

**Полураздельный** способ канализации заключается в том, что городские водостоки соединяются с сетями бытовых сточных вод при помощи устройств, которые позволяют сбрасывать в нее первые загрязненные порции дождевых вод при дождях большой интенсивности и всего стока при дождях малой интенсивности. Именно этот объем стока поступает на очистные сооружения.

**Комбинированный** способ объединяет общесплавную и раздельную системы. При нем общесплавная система применяется в центральных районах города, а раздельная — на периферии с самостоятельной очисткой атмосферных вод. Способ и степень очистки сточных вод определяются в зависимости от местных условий с учетом возможного использования сточных вод для промышленных и сельскохозяйственных целей. Очищенные сточные воды, которые сбрасываются в водоемы, должны отвечать требованиям «Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами».

В зависимости от рельефа местности и планировочного решения в городах применяются централизованная и децентрализованная схемы канализации. В компактных городах с общим падением рельефа в основном в одну сторону применяется **централизованная** схема канализации (Казань, Екатеринбург и др.). При наличии нескольких бассейнов стока и расчлененном планировочном решении города используется **децентрализованная** схема канализации (Москва, Самара и др.). Канализационные сети являются самоточными (безнапорными) системами. Лишь в особых условиях возможно создание напора в трубопроводах при помощи насосных станций.

**Электроснабжение.** Снабжение потребителей электроэнергией осуществляется тепловыми электростанциями (ТЭС), гидроэлектростанциями ГЭС). Наиболее перспективна атомная отрасль энергетики.

Основным направлением в области обеспечения потребителей электроэнергией является создание энергосистем, таких, например, как единая энергосистема европейской части страны, объединенных в Единую энергетическую систему.

Основные потребители электроэнергии — города, их электропотребление составляет почти 80 % общего потребления электроэнергии в стране. В настоящее время на коммунально-бытовые нужды города используется примерно 20 % расходуемой электроэнергии, остальная часть приходится на промышленность.

Система электроснабжения города состоит из сети внешнего электроснабжения, высоковольтной (35 кВ и выше) сети города и сетевых устройств среднего и низкого напряжений с соответствующими трансформирующими установками. Принцип организации высоковольтной сети крупного города — создание на периферии его высоковольтного кольца с подстанциями, соединенными с соседними энергосистемами. От высоковольтной сети устраиваются глубокие вводы для электроснабжения жилых и про-

мышленных районов с расположением понизительных подстанций в центрах электрических нагрузок.

Электрические сети выполняются в виде воздушных линий электропередач (ЛЭП) и кабельных прокладок. В настоящее время осуществлена замена воздушных высоковольтных линий в черте города на кабельные, поскольку площадь занятых воздушными линиями земель составляет сотни гектаров.

На территории города размещаются электрические сети различного назначения: сети электроснабжения для коммунально-бытовых и производственных нужд высокого и низкого напряжений; сети наружного освещения улиц, площадей, парков и пр.; сети электротранспорта; сети слабого тока. При прокладке сетей электроснабжения, городской телефонной и радиотрансляционной сетей используются кабели различных марок, прокладываемые отдельно или в асбестоцементных и керамических трубах и каналах, бетонных блоках с отверстиями.

**Газоснабжение.** В топливно-энергетическом обеспечении городов продолжает возрастать доля газа. Газоснабжение городов определяется расходами на промышленные и жилищно-коммунальные нужды, причем последние все время растут, поскольку увеличивается количество газифицированных квартир.

Проекты газоснабжения областей, районов, городов, поселков и других населенных мест разрабатываются на основе схем и проектов районной планировки, генеральных планов городов, поселков и сельских населенных пунктов с обязательным учетом их развития на перспективу.

Системы газификации представляют собой комплекс магистральных газопроводов, подземных газохранилищ и кольцевых газопроводов, обеспечивающих надежное газоснабжение районов. Система газоснабжения крупного города — это сети различного давления в сочетании с газохранилищами и необходимыми сооружениями, обеспечивающими транспортировку и распределение газа.

Газ подается к городу по нескольким магистральным газопроводам, которые заканчиваются газорегуляторными станциями (ГРС). После газорегуляторной станции газ поступает в сеть высокого давления, которая закольцовывается вокруг города, и от нее к потребителям через головные газорегуляторные пункты (ГРП).

Городские сети для обеспечения надежности газоснабжения обычно решаются кольцевыми и лишь в редких случаях — тупиковыми. Городскими магистральными газопроводами являются газопроводы, идущие от ГРС или других источников, обеспечивающих подачу газа, до ГРП. Распределительными газопроводами считаются газопроводы, идущие от ГРП или газовых заводов, обеспечивающих газоснабжение населенных пунктов, до вводов, т.е. уличные, внутриквартальные, дворовые газопроводы. Прокладка газопроводов независимо от давления газа выполняется, как правило, подземной по улицам, дорогам города и межмагистральным территориям.

**Теплоснабжение** городов предусматривает обеспечение теплом жилищно-коммунальных и промышленных потребителей. В городах главным образом применяется централизованное теплоснабжение, обеспечивающее высокий уровень инженерного благоустройства. Централизованное теплоснабжение в первую очередь получает развитие в городах и районах с преимущественно многоэтажной застройкой. Централизованное теплоснабжение улучшает окружающую среду, поскольку с его развитием ликвидируются мелкие котельные.

Потребление тепла в городе зависит в основном от климатических условий, степени благоустройства, этажности застройки, объема зданий. Тепло расходуется в основном на отопление, горячее водоснабжение, вентиляции и кондиционирование воздуха, при этом в городе на жилищно-коммунальные нужды расходуется до 40 % общего теплопотребления.

Основными источниками тепла для теплофикации городов являются теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), вырабатывающие как тепло, так и электроэнергию. В

перспективе для теплоснабжения городов могут найти широкое применение АТЭЦ на атомном топливе или атомные котельные, которые заменят паротурбинные ТЭЦ и котельные, работающие на органическом топливе. Для теплоснабжения городов могут быть использованы и другие источники энергии, например солнечная и геотермальная энергия. Городские ТЭЦ и районные котельные размещаются вне селитебной территории, в промышленных и коммунально-складских зонах.

В системах теплоснабжения городов теплоносителями могут быть пар и перегретая вода. **Паропроводы** обеспечивают снабжение промышленных предприятий и состоят обычно из трех труб, по двум трубам пар подается к потребителю, а по третьей возвращается к теплоцентрали конденсат.

Теплоснабжение жилых и общественных зданий осуществляется водяными сетями, состоящими из двух труб, по одной трубе перегретая вода подается к потребителю, а по другой возвращается охлажденная вода. Применяются закрытая и открытая системы. В закрытой системе циркулирующая в тепловых сетях вода используется только как теплоноситель, в открытой системе она часто или полностью разбирается для горячего водоснабжения.

Тепловые сети прокладывают в непроходных каналах (наиболее распространенный в настоящее время способ прокладки), в траншеях (бесканальная прокладка) и в общих коллекторах совместно с другими коммуникациями.

### *9.2. Способы прокладки подземных инженерных сетей*

Современное благоустройство городов и других населенных мест связано с проведением значительного объема работ по сооружению подземных инженерных сетей, что предъявляет определенные требования к способам работ по их прокладке.

Существует несколько способов или приемов прокладки подземных сетей: прокладка подземных сетей раздельно в самостоятельных траншеях; прокладка подземных сетей совмещенно в общей траншее; прокладка подземных сетей совмещенно в проходных и полупроходных коллекторах и каналах, прокладка подземных сетей в непроходных каналах.

**Раздельная прокладка** подземных сетей в грунте имела достаточно широкое распространение, в настоящее время применяется в основном при замене старых сетей в городах и при прокладке в малых населенных пунктах. При раздельной прокладке каждый трубопровод и кабель размещаются в отдельной траншее на различной глубине от поверхности.

Раздельная прокладка трубопроводов характеризуется большим объемом земляных работ, значительной шириной их прокладки в плане и затруднениями применения средств механизации. Исходя из этого при строительстве новых жилых комплексов и больших объемах строительства способ раздельной прокладки подземных сетей нецелесообразен ни в техническом, ни в экономическом отношениях.

При раздельной прокладке ширина зоны прокладки и глубина заложения сетей назначается с учетом допустимых разрывов между ними и допустимой глубины заложения, в также с учетом методов и последовательности их строительства. Максимальную глубину заложения имеют канализационные трубопроводы. Глубина заложения сетей определяется с учетом глубины промерзания грунтов. Минимальная глубина заложения назначается из соображений недопущения разрушения сетей динамическими нагрузками на них (табл. 8).

**Совмещенная прокладка** сетей в общей траншее в технико-экономическом отношении более рациональна и прогрессивна по сравнению с раздельной прокладкой сетей. Совмещенная прокладка подземных сетей приводит к уменьшению объемов земляных работ и снижению стоимости строительства. Применение совмещенной прокладки целесообразно при комплексной застройке жилых районов и одновременной прокладке всех сетей.

**Таблица 8. Наименьшая глубина заложения подземных сетей, считая до их верха**

| Подземные сети | Глубина заложения сетей |
|---|---|
| Водопровод при диаметре труб, мм: | |
| до 300 | Ниже глубины промерзания на 0,2 м |
| от 300 до 600 | Выше глубины промерзания на 0,25 диаметра |
| более 600 | То же, на 0,5 диаметра |
| Канализация при диаметре труб, мм: | |
| до 500 | Выше глубины промерзания на 0,3 м |
| более 500 | То же, на 0,5 м, но не менее 0,7 м от планировочной отметки |
| Газопровод: | |
| влажного газа | Ниже глубины промерзания |
| осушенного газа | В непучинистых грунтах в зоне проезжей части с усовершенствованными покрытиями 0,8 м |
| | То же, без усовершенствованных покрытий 0,9 м |
| Теплопровод: | |
| при прокладке в канале | 0,5 м |
| при бесканальной прокладке | 0,7 м |
| Кабели: | |
| вне проездов | 0,7 м |
| при пересечении проездов | 1 м |

В общей траншее обычно размещают трубопроводы, водопроводные и канализационные сети, теплопровод, газопровод, водосток. При совмещенной прокладке подземных коммуникаций в одной траншее их размещают параллельно друг другу, с одинаковым, кроме канализации, продольным уклоном. Расстояния между сетями в этом случае сокращают по сравнению с раздельной прокладкой. При этом водопровод следует размещать выше канализационных сетей. Внутренний откос траншеи обычно принимают с заложением 1:1, наименьший перепад в отметках заложения 0,4 м.

Наибольшие затруднения при размещении сетей в общей траншее вызывает устройство ответвлений и присоединений к трубопроводам. Совмещенная прокладка подземных сетей в общей траншее хотя и рациональнее раздельной прокладки, но не лишена недостатков, основной недостаток — соприкосновение трубопроводов с грунтом, что усиливает коррозию и сокращает срок службы сетей.

Опыт строительства подземных коммуникаций показал, что наиболее прогрессивным способом является размещение инженерных сетей в общих коллекторах, которые обладают рядом преимуществ перед прокладкой в грунте (раздельной или совмещенной). Размещение подземных инженерных коммуникаций в коллекторах удлиняет срок их службы за счет меньшей коррозии и регулярного надзора, почти полностью исключает необходимость вскрытия дорожных одежд, создает значительно лучшие условия для эксплуатации сетей. Некоторым недостатком строительства общих коллекторов являются значительные единовременные капиталовложения.

В общих коллекторах обычно размещают сети водопровода, теплопровода, напорной канализации, электрические

кабели сильного и слабого тока. Прокладка газовых сетей в коллекторах совместно с трубопроводами и электросетями допустима, если коллекторы оборудованы постоянно действующей приточно-вытяжной вентиляцией и автоматической сигнализацией. При определенных условиях, именно при соответствующем продольном уклоне коллектора возможно включение в него и самотечных сетей. Общие коллекторы оборудуют освещением, вентиляцией, сигнализацией и другими устройствами, обеспечивающими нормальные условия для эксплуатации сетей. При значительном количестве сетей или при больших диаметрах трубопроводов применяются двухсекционные коллекторы. Возможно сооружение коллекторов круглого сечения. В некоторых случаях, например

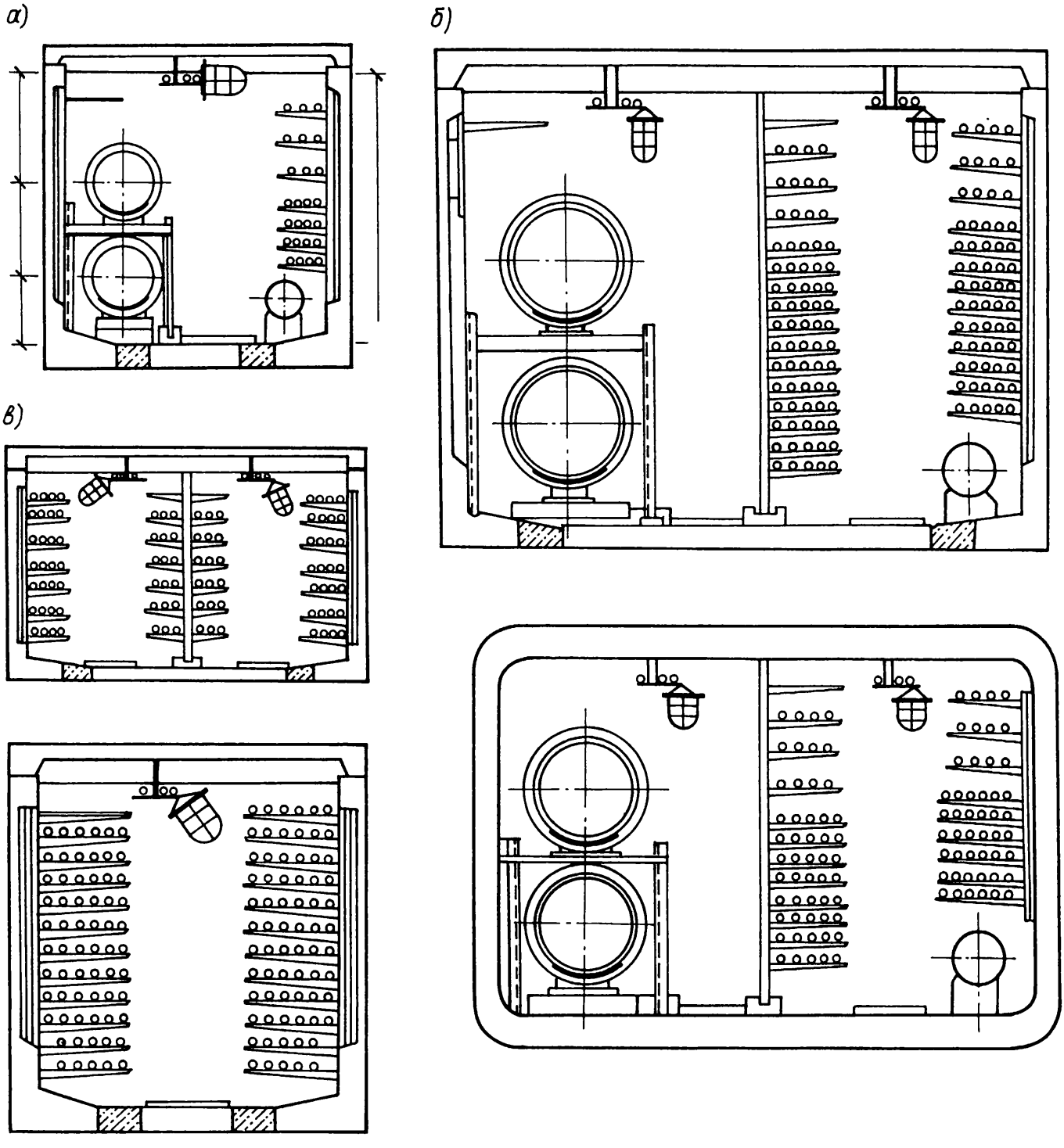



*Рис. 75. Общие коллекторы для размещения подземных коммуникаций:*
***а** — односекционный; **б** — двухсекционный (из сборных и обьемных элементов); **в** — кабельный коллектор*

при большом количестве кабельных сетей, устраиваются специализированные коллекторы.

Глубину заложения коллекторов назначают исходя из несущей способности конструкций коллектора и условий температурного режима в нем Как правило, минимальное заглубление перекрытия от поверхности земли составляет 1м. Продольный профиль коллектора проектируется таким образом, чтобы был обеспечен самотечный сток аварийных и грунтовых вод. Внутренние габариты принимаются из условий осмотра и ремонта инженерных сетей. Высоту прохода к свету принимают не менее 180 см, а ширину прохода — не менее 80 см. Для строительства общих коллекторов применяют типовые сборные конструкции из железобетона. Внутри коллектора трубопроводы прокладывают на металлических или бетонных опорах, а кабели на полках или кронштейнах (рис. 75). Для ввода и вывода сетей и их обслуживания на коллекторах устраивают камеры и галереи.

В настоящее время максимально используются **технические подполья** и коридоры зданий или пристенные каналы, в которых прокладываются транзитные распределительные сети с ответвлениями для данного здания. На участках между зданиями широко применяется совмещенная прокладка всех типов. Вход в здание может осуществляться по фасаду или торцу. Основная экономия при использовании при прокладке сетей технического подполья или коридора достигается за счет сокращения протяженности сетей, количества колодцев и камер, а также вследствие снижения стоимости земляных работ.

Технический коридор или подполье и пристенный канал должны иметь высоту не менее 1,6 м и ширину свободного прохода, обеспечивающую обслуживание и ремонт сетей. Трубопроводы и кабели в них размещаются на опорах, подвесках, полках и кронштейнах. Технические подполья и коридоры должны иметь выходы с противоположных сторон здания.

## *9.3. Прокладка инженерных сетей на городских улицах и межмагистральных территориях*

При строительстве новых и реконструкции существующих городов, поселков, жилых районов и микрорайонов подземные инженерные сети проектируются комплексно с учетом начертания улично-дорожной сети, расположения крупных потребителей, рельефа и т.п. В обязательном порядке производится увязка размещения подземных сетей с поперечными профилями проектируемых улиц. Вдоль улиц прокладываются магистральные общегородские и районные, а также распределительные сети; разводящие и принимающие подземные коммуникации прокладываются по межмагистральным территориям.

При проектировании размещения подземных инженерных сетей учитываются нормы взаимного расположения трубопроводов и кабелей, глубина их заложения и минимальные допустимые расстояния от сетей до зданий и сооружений. Подземные инженерные сети прокладываются в основном параллельно оси улицы или красным линиям, с пересечением их в разных уровнях на перекрестках и вводах на межмагистральные территории. На площадях города подземные коммуникации прокладываются параллельно красной линии, часто по ломаной кривой. Через площадь допускается трассировать транзитные сети.

На магистральных улицах обычно прокладывают не менее пяти трубопроводов — водопровод, канализацию, газопровод, теплопровод, водосток, а также кабели электроснабжения, внешнего освещения, электротранспорта и слабого тока, в некоторых случаях число трубопроводов и кабелей увеличивается при их полном или частичном дублировании, что целесообразно при ширине улиц более 40 м.

Расположение подземных сетей в большой степени зависит от метода размещения их по магистралям и улицам города или на межмагистральных территориях. Применяются три различных мето-

да размещения подземных инженерных сетей, в грунте, в каналах и коллекторах, в технических подпольях зданий.

Для прокладки подземных инженерных коммуникаций по улицам используют первые два способа — прокладку в грунте, в каналах и коллекторах. На межмагистральных территориях применяют все три метода размещения подземных сетей. Сети следует размещать вне проезжей части улиц — под полосами зеленых насаждений и тротуарами. Основное усилие прокладки подземных сетей — исключение проезжей части для их размещения. При этом учитывается и срок службы сетей. Исходя из этого кабельные сети размещают под тротуарами. Магистральные сети водопровода, канализации, газо- и теплопроводов, имеющие длительный срок службы и небольшое количество ответвлений, прокладывают под полосами зеленых насаждений, а в случае недостаточной их ширины — под проезжей частью (рис. 76).

Под тротуарами или примыкающей к нему полосой зелени на расстоянии не менее 0,6 м от зданий прокладывают кабели слабого тока — радио, сигнализации, междугородной связи и специального назначения, затем кабели телефонной связи. С разрывом от них 0,5—0,6 м — силовые кабели. Кабели постоянного тока для электротранспорта размещаются на удалении 0,5 м от силового кабеля. Остальные подземные сети располагаются по возрастающей глубине их заложения от зданий к оси улицы. Кабели телефонной связи прокладываются в каналах — блоках, а трубы теплосети — в каналах с теплоизоляцией. Прокладка трубопроводов и кабелей под полосами зеленых насаждений возможна лишь под газонами и кустарником. При наличии существующих деревьев расстояние от них до трубопроводов должно быть не менее 1,5 м, а до кабелей силовых и связи не менее 2 м.

При размещении подземных сетей в плане и профиле улицы помимо горизонтального предусматривается вертикальное зонирование, необходимое для организации вводов на межмагистральные территории и пересечений между сетями в разных уровнях.

При совмещенной прокладке сетей желательно располагать траншею под тротуаром и полосами зеленых насаждений с газоном и кустарником.

На магистральных улицах достаточно большой ширины устраивают технические зоны, представляющие собой широкие газоны с посадкой кустарника или деревьев по краям. Под этими техническими зонами и размещается общая траншея с инженерными сетями. В первую очередь технические зоны устраиваются для прокладки водоводов, газопроводов высокого давления, высоковольтных кабелей и сооружения воздушных линий электропередачи.

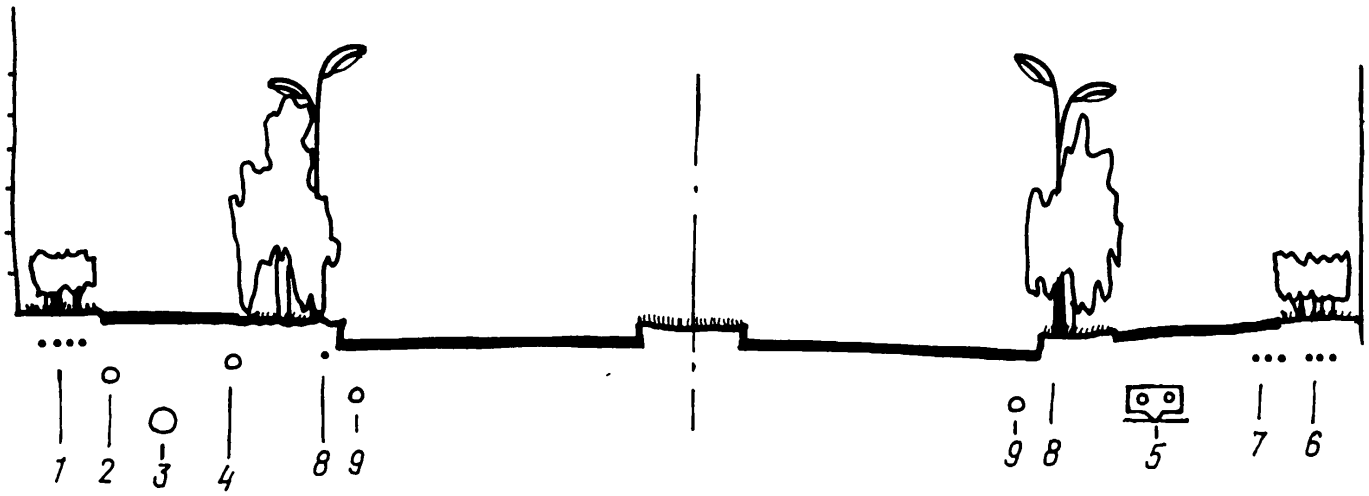



*Рис. 76. Принципиальная схема прокладки инженерных сетей:*
*1 — кабельные сети; 2 — водопровод; 3 — канализация; 4 газопровод; 5 — тепловые сети; 6 — слаботочные сети; 7 — силовые кабели; 8 — кабели постоянного тока; 9 — водосток*

Общие коллекторы в плане прокладываются под улицами параллельно красной линии или оси улицы. Размещать их следует под тротуарами, полосами зеленых насаждений или в технических полосах.

Межмагистральные территории (жилые районы и микрорайоны, спортивные центры, парки и пр.) обеспечиваются всем комплексом инженерного оборудования или их основной частью. Поэтому на них располагается достаточно большое количество подземных сетей, которые обслуживают все необходимые здания и сооружения. При этом следует проектировать подземные сети таким образом, чтобы их протяженность была наименьшей.

Для рационального размещения подземных коммуникаций на межмагистральных территориях необходимо комплексное проектирование всех трубопроводов и кабелей с учетом планировочного решения и рельефа территории. Размещение зданий и сооружений, а также решение вертикальной планировки могут в значительной степени повлиять на трассировку и протяженность подземных сетей. В отличие от периметральной прокладки подземных сетей, типичной для небольших кварталов старой застройки, когда сети размещались по окружающим кварталы улицам, внутритерриториальная прокладка разводящих и принимающих сетей позволяет разгрузить от них поперечные профили улиц и уменьшить количество вводов и выпусков.

Водопроводная сеть предназначается для снабжения водой жилых и культурно-бытовых зданий и обеспечения противопожарных требований. Она проектируется, как правило, кольцевой; создается или внешнее кольцо по улицам, окружающим район, или внутри его. В некоторых случаях прокладывается внутритерриториальная связка. Водопровод должен иметь не менее двух вводов. Для поливки зеленых насаждений может предусматриваться самостоятельный поливочный водопровод мелкого заложения. От разводящей водопроводной сети делается один ввод в здание. Допускается тупиковая прокладка протяженностью до 200 м.

Канализационная сеть размещается в зависимости от планировочного решения и главным образом от уклона поверхности (вертикальной планировки). Канализационные выпуски от зданий или от каждой секции длиной до 20 м подсоединяются через смотровые колодцы к внутримикрорайонной сети, которая соединяется с сетью городской канализации.

Централизованное теплоснабжение обеспечивает микрорайон теплом и горячей водой, как правило, от ТЭЦ. При этом от уличных магистральных тепловых сетей с температурой воды 150 °С делается ввод в микрорайон к центральному тепловому пункту (ЦПТ). В ЦПТ с помощью скоростных бойлеров получают горячую воду (температурой 70 °С) для горячего водоснабжения. Количество центральных тепловых пунктов зависит от жилой площади. Размещаются они в центрах тепловых нагрузок в отдельно стоящих зданиях.

Газоснабжение зданий микрорайона производится распределительной сетью низкого давления (до 0,005 МПа). От магистральной газовой сети среднего и высокого давления, проходящей по улице, делается ответвление в микрорайон к газорегуляторному пункту, где давление газа в сети понижается до низкого. На территории микрорайона располагается, как правило, один газорегулирующий пункт.

Электроснабжение микрорайона производится от районной электрической подстанции. Высоковольтные электрические кабели напряжением 6—10 кВ, идущие от этих подстанций по улицам, имеют ответвления к трансформаторным подстанциям (ТП), расположенным в микрорайоне. От трансформаторных подстанций к потребителям электроэнергии в микрорайоне прокладываются низковольтные сети.

На межмагистральной территории прокладка подземных инженерных сетей может осуществляться: в грунте, раздельная и совмещенная в одной траншее; совмещенная в общем канале; совмещенная

в общем коллекторе; в технических подпольях зданий.

В связи с тем, что современные микрорайоны обеспечиваются всеми видами инженерного благоустройства, наиболее целесообразно проектировать совмещенную прокладку подземных сетей в общей траншее либо в общих каналах или коллекторах. Строительство подземных сетей требует больших капиталовложений, поэтому необходимо придавать важное значение экономическому обоснованию принятых решений. По опыту проектирования, строительства и эксплуатации подземных инженерных сетей к наиболее прогрессивным и экономичным следует отнести совмещение всех или большей части сетей в общей траншее, каналах или коллекторах, а также использование технического подполья зданий. На территории микрорайонов широко применяют совмещенную прокладку сетей холодного и горячего водоснабжения, а также сетей теплоснабжения в непроходных каналах, монтируемых из сборных элементов.

При разработке системы комплексного размещения подземных сетей используются схемы прокладки отдельных видов подземных сетей с увязкой их между собой и вертикальным зонированмем сетей и их пересечение. Окончательная схема размещения подземных инженерных коммуникаций выбирается на основе технико-экономического сравнения вариантов.

# Глава 10. Искусственные покрытия

Важный элемент благоустройства территорий — искусственные покрытия (одежды) дорог, улиц, тротуаров, пешеходных дорожек и различных площадок. Искусственные покрытия должны обладать достаточной прочностью, обеспечивающей их устойчивость под динамической и статической нагрузкой в различные времена года в зависимости от их предназначения.

Наибольшим динамическим нагрузкам подвергаются покрытия (одежды) дорог улиц и проездов, предназначенных для пропуска различных видов транспорта. Их конструкция определяется в зависимости от расчетных нагрузок от движущихся по ним транспортных средств, геологических и гидрогеологических условий грунта в местах их заложения, а также климатических условий местности.

## *10.1. Дорожные одежды*

**Типы искусственных покрытий.** Дорожные одежды устраиваются на специально подготовленном земляном полотне, габариты которого должны соответствовать характеру принятого конструктивного (типового) поперечного профиля улицы или дороги с учетом всех его элементов. Земляное полотно представляет собой выемку (дорожное корыто) для укладки в нем искусственных материалов, составляющих дорожную одежду. Для городских улиц и дорог с закрытой сетью водоотвода земляное полотно охватывает ширину всех элементов с искусственным покрытием (проезжая часть, тротуары, центральная разделительная полоса и пути трамвая). На дорогах с открытой системой водоотвода (кюветами) ширина земляного полотна устраивается только на ширину проезжей части и обочин, а на внутримикрорайонных проездах без тротуаров ее ширина увеличивается на 0,5 м с двух сторон проезда. Глубина корыта зависит от толщины дорожной одежды.

Земляное полотно должно быть прочным и устойчивым под действием нагрузок и природных факторов и в случае непригодных для этой цели грунтов производится его замена на более устойчивые, исключающие их переувлажнение и размыв под действием поверхностных и грунтовых вод. Земляное полотно должно возвышаться над уровнем грунтовых вод и горизонтом вод длительного стояния, поэтому в зависимости от гидрогеологических условий местности их устраивают в насыпи либо понижают уровень грунтовых вод путем дренирований.

Дну корыта земляного полотна придают продольные и поперечные уклоны,

соответствующие проекту вертикальной планировки улиц, дорог и проездов, после чего его уплотняют с помощью катков. Для возведения насыпей следует, как правило, применять дренирующие грунты скальные, гранитные и песчаные, а при их отсутствии допускается частичное применение супеси и суглинка.

По уплотненному дну корыта укладывают подстилающий слой, который выполняет дренирующие и термоизолируюшие функции, а также уменьшает удельную нагрузку, передаваемую через покрытие на грунт. Кроме этого, подстилающий слой необходим для создания водно-теплового режима в грунте земляного полотна и обеспечения его устойчивости при изменяющихся температурно-влажностных условиях. Это имеет существенное значение, так как большинство грунтов при переувлажнении теряет прочность (несущую способность). Под действием отрицательной температуры возможно пучинообразование, т.е. неравномерное изменение объемов и разрушение покоящихся на них конструкций. Для устройства дренирующих слоев применяют песок, гравий и другие материалы с коэффициентом фильтрации не менее 3 м/сут. Воду из дренирующего слоя обычно отводят в водосточную сеть с помощью дренажей мелкого заложения. Подстилающий слой укрепляют путем обработки его в верхней части вяжущими материалами, чем достигается дополнительное повышение его устойчивости и сокращение расчетной толщины и стоимости дорожных одежд. Толщину подстилающего слоя назначают в зависимости от типа грунта земляного полотна, климатических зон и условий увлажнения. В зависимости от конкретных условий она может быть от 10 до 50 см.

Типы покрытий дорожных одежд выбирают в зависимости от условий их применения по видам нагрузок, перспективной интенсивности движения, состава транспортных потоков, категорий улиц и дорог, наличия местных материалов и других факторов.

Покрытия должны быть прочными и устойчивыми, удобными для движения по ним, долговечными, отвечающими санитарно-гигиеническим требованиям и экономически эффективными. Вопрос экономичности дорожных покрытий имеет существенное значение. Их стоимость обычно составляет значительную часть затрат на благоустройство городских территорий. В зависимости от условий применения выбирают различные материалы и конструктивные типы покрытий и производят расчеты толщины различных слоев дорожной одежды.

При небольших нагрузках и благоприятных гидрогеологических условиях покрытия иногда устраивают непосредственно на грунтовых основаниях. При этом производят предварительное уплотнение грунтов путем улучшения их минеральными (механическими) добавками или обработкой вяжущими материалами. Обычно применяют многослойные дорожные одежды с устройством покрытий, оснований и подстилающих слоев. Принципиальная конструктивная схема одежды проезжих частей и тротуаров показана на рис. 77. Дорожные одежды подразделяются в основном по типам покрытий в зависимости от категории улиц и дорог (табл. 9).

Выбор конструкции одежды проезжей части производят в соответствии с данными технико-экономических расчетов, проверки на прочность, морозоустойчивость, а для климатических районов 1А, 1Б и 1Г — данными теплотехнических расчетов.

Для обеспечения безопасности движения предусматривается устройство покрытий с повышенным коэффициентом сцепления на скоростных дорогах, магистральных улицах общегородского значения, мостах и путепроводах независимо от плана и профиля, а на улицах и дорогах других категорий при следующих условиях: на продольных уклонах свыше 30 ‰; на горизонтальных кривых минимальных радиусов и на подходах к ним на расстоянии видимости поверхности проезжей части в пределах пересечений в одном уровне на расстоянии, определенном треугольником видимости на остановочных пунктах общественного

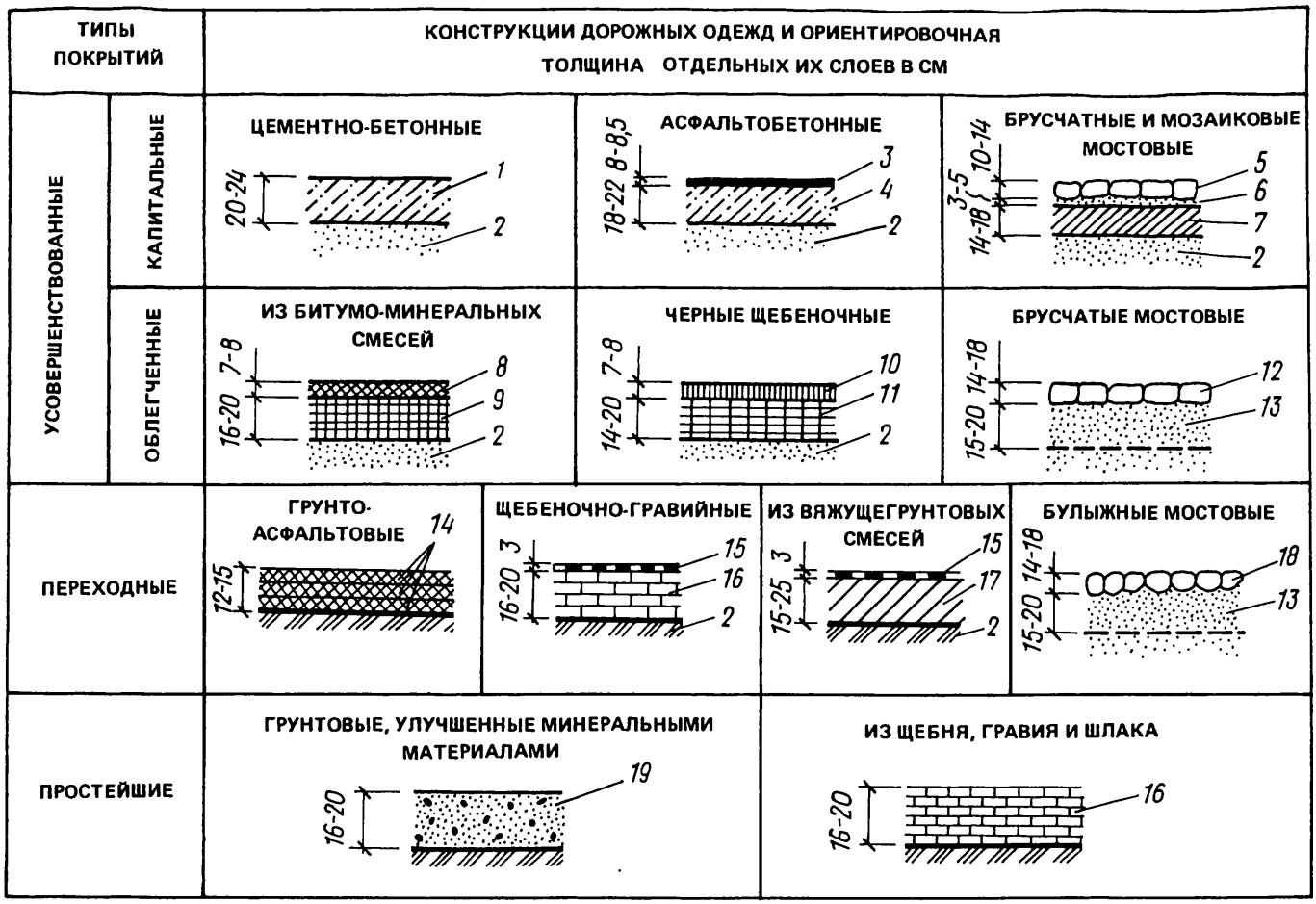



*Рис. 77. Конструктивные схемы дорожных одежд различных типов*
***1** — покрытие из монолитного бетона или железобетонных плит; **2** — подстилаемый слой; **3** — асфальтобетонное покрытие; **4** — цементобетон или укрепленные вяжущими материалами щебень и гравий; **5** — брусчатка или мозаика; 6 — песчаная прослойка; **7** — укрепленные вяжущими материалами щебень или гравий; **8** —битумноминеральная смесь или холодный асфальт; **9** — щебень, шлак или вяжущегрунтовые смеси; **10** — обработанные вяжущими материалами щебень или гравий; **11** — щебень, гравий, шлак, грунтощебень или грунт, укрепленные вяжущими материалами; **12** — брусчатая мостовая; **13** — песок; **14** — грунтоасфальт; **15** — защитный слой из битумноминерального материала; **16** — щебень, гравий, шлак, грунт или грунтощебень, укрепленные вяжущими материалами; **17** — грунт, обработанный вяжущими материалами; **18**— бумажный камень; **19** — грунт с минеральными добавками*

транспорта и на подходах к ним, на левоповоротных съездах пересечений в разных уровнях; на участках с ограниченной видимостью.

Экономически эффективными считаются более прогрессивные в техническом отношении конструкции, срок окупаемости которых не превосходит нормативный, принимаемый для транспортных сооружений (к ним относятся и дорожные одежды) не более 10 лет.

**Конструктивные особенности дорожных одежд.** На рис. 78 приведены принципиальные конструктивные схемы дорожных одежд различных типов с указанием ориентировочной толщины отдельных слоев. Толщину несущего слоя (основания) дорожных одежд уточняют

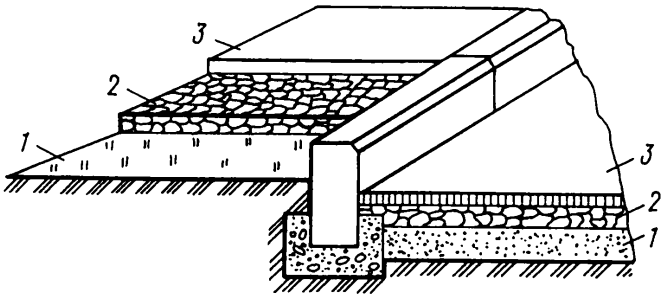



*Рис. 78. Конструктивные схемы дорожных одежд: **а** — цементно-бетонное покрытие; **б** — сборное железобетонное покрытие; **в** — асфальтобетонное покрытие; **г** — штучные покрытия (булыжное, брусчатое); **1** — несущий слой (основание); **2** — подстилающий слой; **3** — покрытие*

**Таблица 9. Типы покрытий и конструкций проезжей части**

| Категория улиц и дорог | Тип покрытия и конструкции проезжей части |
|---|---|
| Скоростные дороги, магистральные улицы общегородского значения, дороги грузового движения | Усовершенствованные капитальные (цементно-бетонные и железобетонные, асфальтобетонные на прочных основаниях, мозаиковые мостовые на бетонных и каменных основаниях, брусчатые постовые на основаниях, укрепленных вяжущими материалами) |
| Магистральные улицы районного значения | Усовершенствованные капитальные; усовершенствованные облегченные (из битумно-минеральных смесей или холодного асфальта на основаниях из щебня и шлака, на грунтовых основаниях, укрепленных вяжущими материалами; щебеночные и гравийные, брусчатые мостовые на песчаном основании |
| Улицы и дороги местного назначения; | |
| промышленных и складских районов | Усовершенствованные капитальные или облегченные; переходные (грунтоасфальтовые, щебеночные, гравийные и шлаковые с поверхностной обработкой вяжущими материалами, грунтощебеночные и грунтогравийные, обработанные вяжущими материалами, мостовые из булыжного и колотого камня) |
| жилые улицы и проезды | Усовершенствованные облегченные и переходные |
| поселковые улицы и дороги | Усовершенствованные облегченные или переходные; низшие (гравийные, щебеночные, шлаковые, грунтовые, улучшенные местными минеральными материалами) |

расчетом в соответствии с нагрузками, толщиной покрытия и подстилаемого слоя, материалами основания и покрытия, а также типами и условиями увлажнения грунтов земляного полотна.

**Цементно-бетонные одежды** можно устраивать монолитными (из армируемого или неармируемого бетона) или из железобетонных плит. Сборные покрытия имеют ряд преимуществ перед монолитными — их легко восстанавливать при повреждении или после разборки в случае ремонта или прокладки под ними подземных коммуникаций, при этом сборные плиты изготовляют индустриальным способом, что дает возможность вести строительство методом монтажа, сокращает сроки строительства и удлиняет строительный сезон. С дальнейшим развитием комплексной механизации строительство сборных покрытий найдет широкое применение в городском дорожном строительстве. Монолитные цементно-бетонные покрытия устраивают одно- и двухслойными, для постройки таких покрытий применяют специальные механизмы, производящие укладку бетона, его разравнивание и уплотнение.

В монолитных бетонных покрытиях устраивают продольные и поперечные температурные швы, продольные — по оси проезжей части, а также параллельно ей на расстоянии 3,75 м друг от друга, а поперечные через каждые 6—8 (10) м.

Через каждые 2—3 шва сжатия устраивают поперечные швы расширения, дающие возможность удлинения плит в летний период. Температурные швы заполняют упругими, легко деформирующимися материалами. В настоящее время на проездах с движением многогрузных автомобилей применяют напряженно-армированные конструкции. При предварительном обжатии бетона уменьшается величина растягивающих напряжений. Тем самым предупреждается возможность образования трещин. Они позволяют уменьшать толщину, массу и расход бетона. Обычно толщина бетонного покрытия — 20—24 см, железобетонного — 18—20 см и напряженно-армированного 14—18 см.

Для сборных железобетонных покрытий применяются плиты прямоугольной или шестиугольной формы (рис. 79), иногда плиты со сквозными отверстия-

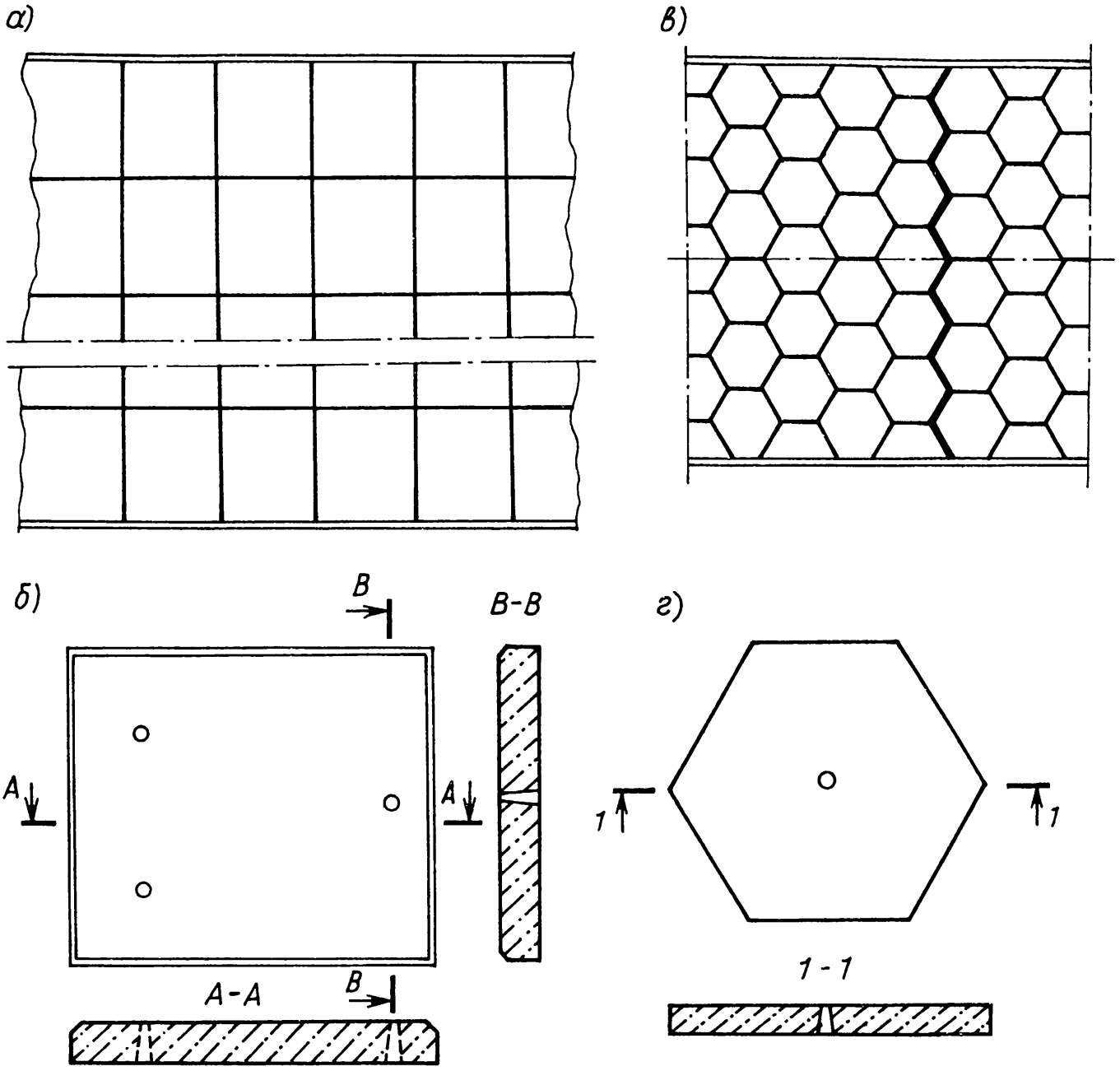



*Рис. 79. Дорожные покрытия из плит различной конфигурации:*
***А** – прямоугольные плиты на проезжей части; **Б** – план и разрез плиты; **В** –плиты шестигранные в проезжей части; **Г** – план и разрез шестигранной плиты*

ми. Плиты могут иметь размеры от 1 до 3,5 м. Плитам больших размеров придают ребристую нижнюю поверхность (кессонные плиты), что снижает их массу и обеспечивает более равномерное опирание их на основание. Плиты укладывают обычно на песчаное основание. Следует отметить, что по санитарно-гигиеническим требованиям бетонные покрытия для городских условий не всегда приемлемы.

Дорожные одежды с **асфальтобетонным покрытием** в городах наиболее распространены, что объясняется рядом их достоинств: ровной поверхностью, обеспечивающей ей благоприятные условия для движения транспортных средств и быстрого стока поверхностных вод, легкости очистки покрытий от пыли, грязи и снега, а также относительно большой водонепроницаемостью и гигиеническими качествами покрытий, возможностью полной механизации дорожно-строительных работ и простотой производства ремонтно-восстановительных работ.

Асфальтобетонные покрытия строят на прочных бетонных или каменных основаниях. Обычно выполняют двухслойные покрытия. Однослойные покрытия применяют на проезжих частях с ограниченными нагрузками, размерами и скоростями движения. Толщина (однослойных покрытий 4—5 см, двухслойных — 8—8,5 см (нижний слой — 4,5 и верхний —3,5—4 см). Бетонные основания под асфальтобетонные покрытия устраивают толщиной 18—20 см. Каменные основания выполняют из щебня или гравия, которые обрабатывают вяжущими материалами, что повышает их устойчивость.

Иногда применяют покрытия из битумно-минеральных смесей. Эти покрытия характеризуются меньшей стоимостью, однако показатели их прочности ниже асфальтобетонных. Они применяются на улицах и дорогах местного значения с ограниченными транспортными нагрузками. Грунтовые материалы, обработанные битумом, носят название грунтоасфальтовых покрытий и применяются преимущественно на автостоянках, внутриквартальных проездах и т.д.

Покрытия с применением черных вяжущих материалов (в том числе асфальтобетонные) рекомендуется подвергать поверхностной обработке для создания на покрытии «коврика износа», который по мере истирания может быть возобновлен. Коврику придают повышенную шероховатость, что увеличивает сцепление автомобильных шин с поверхностью дороги и повышает безопасность движения. Толщину коврика износа, выполняемого из обработанного битумом мелкого щебня (3—15 мм), принимают равной 1,5—2,5 см.

**Штучные покрытия** устраивают из мелких плит (в основном бетонных и железобетонных) или же камней (мостовые). Недостатками их являются неровность поверхности и большая трудоемкость по устройству покрытия. Вместе с тем они долговечны и легко разбираются и восстанавливаются при прокладке и ремонте размещаемых под ними подземных коммуникаций.

Бетонные плиты имеют прямоугольную, квадратную или шестиугольную форму. Для покрытий тротуаров и пешеходных дорожек используют плиты с размером сторон 20—50 м и толщиной 4—6 см. Укладывают их на основание из песка, мелкого щебня, гравия или шлака. Плиты можно изготавливать одно- и двухслойными (с верхним слоем толщиной 1,5—2 см — слоем износа из белого или цветного бетона). Асфальтобетонным плитам придают прямоугольную форму в плане с размером сторон 25—35 см и толщиной 5—8 см, их укладывают на щебеночных основаниях — по слою песчаного асфальтобетона. Покрытия из них применяются редко из-за невысокой прочности и сложности механизации работ.

Мостовые устраивают из естественного и искусственного камня. Наиболее распространены в городах брусчатые и мозаиковые мостовые. Их строят из камней (шашек), выполненных из скальных пород (гранита, диабаза, базальта и др.). Форма камней для брусчатой мостовой приближается к параллелепипеду, их размеры, см: длина 15—30, ширина 12—15, высота 10—16. Камни для мозаиковых мостовых имеют форму, приближающуюся к кубу со сторонами 7—10 см.

Брусчатые мостовые устраивают на бетонном или песчаном основании. Эта мостовая может выдержать большие нагрузки, в том числе от проходящих в дни парадов тяжелых машин и других транспортных средств. Примером может служить Красная площадь в Москве. Брусчатые камни укладывают рядами, перпендикулярными оси дороги или направленными к ней под углом 45°. Мозаиковые мостовые устраивают на прочных — бетонных или каменных основаниях по песчаной прослойке толщиной 3—5 см. Швы между камнями заполняют цементным раствором, цементно-песчаной или битумно-минеральными смесями. В плане камни мозаиковых мостовых укладывают поперечными и диагональными рядами.

Клинкерные мостовые устраивают из прочного дорожного кирпича размером

220×110×65 (75) мм. Их строят на песчаном основании с укладкой кирпича на ребро.

Булыжные мостовые выполняют из мелких валунных или колотых камней (шашек) формой усеченной пирамиды, уложенных на песчаном основании. Штучные материалы в дорожном строительстве применяют крайне редко, так как их устройство связано с большой трудоемкостью. Существующие мостовые используют в большинстве случаев в качестве основания под асфальтобетонные покрытия, а также при необходимости сохранения исторического облика местности. На автостоянках в основном применяют усовершенствованные дорожные одежды облегченного типа.

Сопряжение проезжих частей улиц с тротуарами и газонами осуществляют обычно с помощью бортовых камней. Размеры бортовых камней принимают с учетом удобства их транспортирования и установки, обеспечения необходимой устойчивости, возможности образования достаточно глубоких лотков для сбора и отвода поверхностных вод. Бортовые камни препятствуют возможности въезда автомобилей с проезжих частей на прилегающие к ним тротуары или полосы зеленых насаждений и служат в качестве колесоотбоя. Возвышение тротуаров над проезжими частями улиц принимают равным 15 см, на проездах внутримикрорайонных территорий — 10 или 15 см. В местах въездов во дворы, а также у перекрестков разница в уровнях проезжих частей и тротуаров снижается до 5—7 см — для въезда автомобилей и тротуароуборочных машин. Таким образом на сопряжении борта с проезжей частью создается лоток для стока поверхностных вод.

Бортовые камни должны иметь высокую прочность и устойчивость. Бетонные борта выполняют из высокомарочного бетона. На основных городских магистралях и площадях с интенсивным движением применяют гранитные борта. Установку бортов производят на бетонном основании. Типы бортовых камней для ограждения проезжих частей приведены на рис. 80.

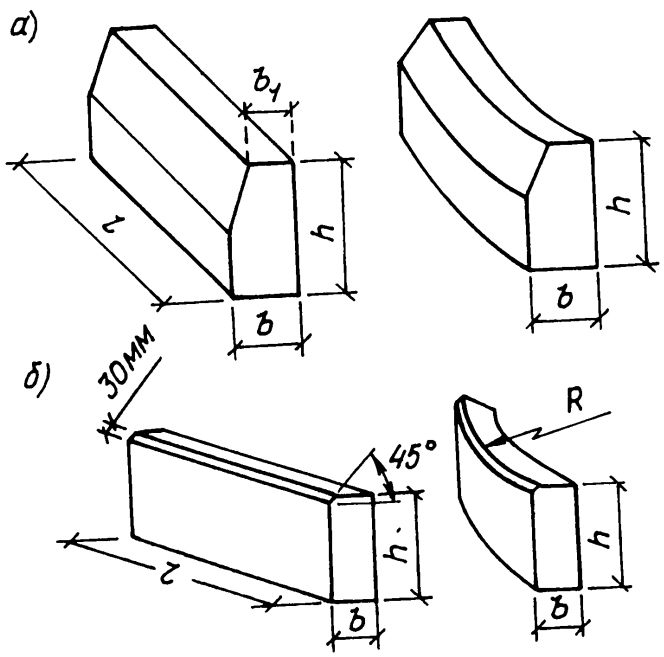



*Рис. 80. Бортовые камни для ограждения проезжих частей:*
***а** — бетонные; **б** — гранитные*

Для отделения тротуаров и пешеходных дорожек от газонов применяют бетонные бортовые камни сечением 200×80 мм. Иногда используют различные керамические материалы (кирпичи, блоки или плитки). Пешеходные дорожки, расположенные в одном уровне с газонами и цветниками, отделяют от них путем посадки кустарника или устройства низких оград — штакетников. От нижерасположенных откосов и кюветов тротуары должны отстоять не менее чем на 1 м. На мостах, эстакадах, высоких насыпях, а также при проложении тротуаров вдоль выемок и косогоров, с крутыми откосами тротуары должны ограждаться перилами, полосами зеленых насаждений в виде живой изгороди из кустарников или другими защитными устройствами, обеспечивающими безопасность пешеходного движения.

### *10.2. Покрытия тротуаров, пешеходных дорожек и площадок для отдыха*

Тротуары размещаются вдоль городских дорог, улиц и проездов. Их ширина определяется в зависимости от характера застройки, размеров пешеходного движения, наличия маршрутов обществен-

ного пассажирского транспорта и расположения их остановок. Ширина тротуара устанавливается при проектировании типового поперечного профиля и принимается кратной ширине одной полосы пешеходного движения, равной 0,75 м. К покрытиям тротуаров, пешеходных и велосипедных дорожек предъявляют те же требования, что и к дорожным одеждам; они должны быть прочными, износоустойчивыми, ровными, нескользкими, легко поддаваться ремонту и очистке.

Основными типами покрытий тротуаров так же, как и проезжих частей улиц, в настоящее время являются асфальтобетонные.

Толщину асфальтобетонных покрытий на тротуарах и пешеходных дорожках принимают 2,5—3 см, а в местах заезда автомобилей, например у въездов на микрорайонные территории, их толщину увеличивают до 3,5—4 см.

Обычно под асфальтобетонные покрытия устраивают щебеночное основание из прочных пород камня. На тротуарах, пешеходных и велосипедных дорожках с ограниченными размерами движения в зависимости от наличия местных материалов в качестве оснований применяют металлургические шлаки, гравий, а также цементно-грунтовые смеси. Для тротуаров, рассчитанных на заезд тяжелогрузных автомобилей, рекомендуется применение цементно-бетонных оснований.

Между основанием и земляным полотном размещают подстилающий слой из фильтрующих материалов, не вспучивающихся при замерзании (песка, шлака, ракушки, песчано-гравийных смесей и т.д.). Толщину подстилающих слоев на тротуарах можно принимать равной половине толщины слоя, назначаемого для проезжих частей. Покрытия тротуаров могут также осуществляться различными плитами: бетонными квадратной формы 30×30 — 40×40 см и др.

Укладку плит производят по песчаному основанию, а швы между бетонными плитами заполняют цементным раствором или асфальтовой мастикой. На пешеходных дорожках швы между плитами можно засыпать растительным грунтом с семенами трав. Такие покрытия устраивают на набережных площадях, в парках, бульварах и скверах.

Для устройства покрытий тротуаров применяются также плиты из асфальтобетона, камня (в южных районах) из известняка и песчаника, из клинкерного кирпича и др. На второстепенных дорожках и тротуарах устраивают временные покрытия из щебня, а также из укрепленных вяжущими материалами грунтов, грунтогравийных и грунтощебеночных смесей.

Цветные декоративные покрытия тротуаров и пешеходных дорожек можно устраивать из штучных материалов: керамических, из цветных бетонов, асфальтов, резины. Однако этот вид покрытий, несмотря на большой градостроительный эффект из-за большой трудоемкости, не получил до последнего времени широкого распространения. При выборе типа одежды садово-парковых дорожек и площадок можно пользоваться рекомендациями табл. 10.

**Таблица 10. Типы одежды дорожек и площадок**

| Виды дорожек и площадок | Рекомендуемые материалы для устройства одежды |
|---|---|
| Основные парковые | Цветной асфальт, цветной бетон, асфальтобетон, бетон и железобетонные плиты на песчаном основании |
| Основные и второстепенные ласковые дорожки | Асфальтобетон, бетонные плиты, клинкер |
| Второстепенные дорожки | Щебень, обработанный известью (сходы гашеной извести), смесь кирпичной мелочи и высевок с супесчаным грунтом в соотношении 3:1 |
| Аллеи и тропы | Известково-грунтовые смеси, песчано-гравийные смеси, щебнегрунтовые смеси, оптимальные грунтовые смеси |

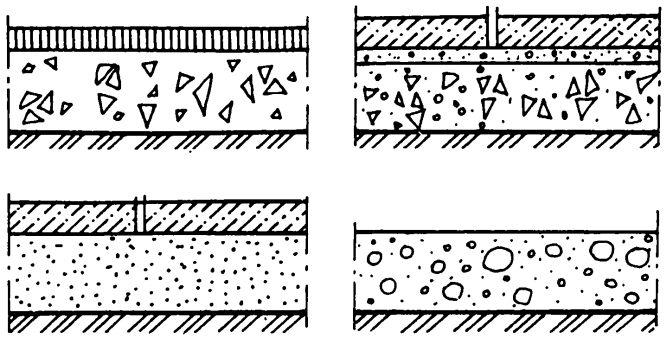


*Рис. 81. Принципиальные конструктивные схемы покрытий тротуаров и пешеходных дорожек*

На хозяйственных площадках внутриквартальных территорий устраивают одежды облегченного или переходного типа, а иногда простейшего типа. Примеры рекомендуемых конструкций покрытий (одежд) тротуаров, пешеходных дорожек и площадок приведены на рис. 81 и 82.

Покрытия игровых площадок выполняют из оптимальных грунтовых смесей или же по типу одежд спортивных площадок.

Покрытия устраивают из смесей специальных составов, укладываемых слоем толщиной 4—5 см по основанию такой же или несколько большей толщины из щебня, гравия, шлака или грунтоминеральных смесей. Выбор смесей зависит от наличия местных материалов. При недренирующих грунтах на спортивных площадках обязательно устройство дренажа с отводом воды по водостокам или кюветам.

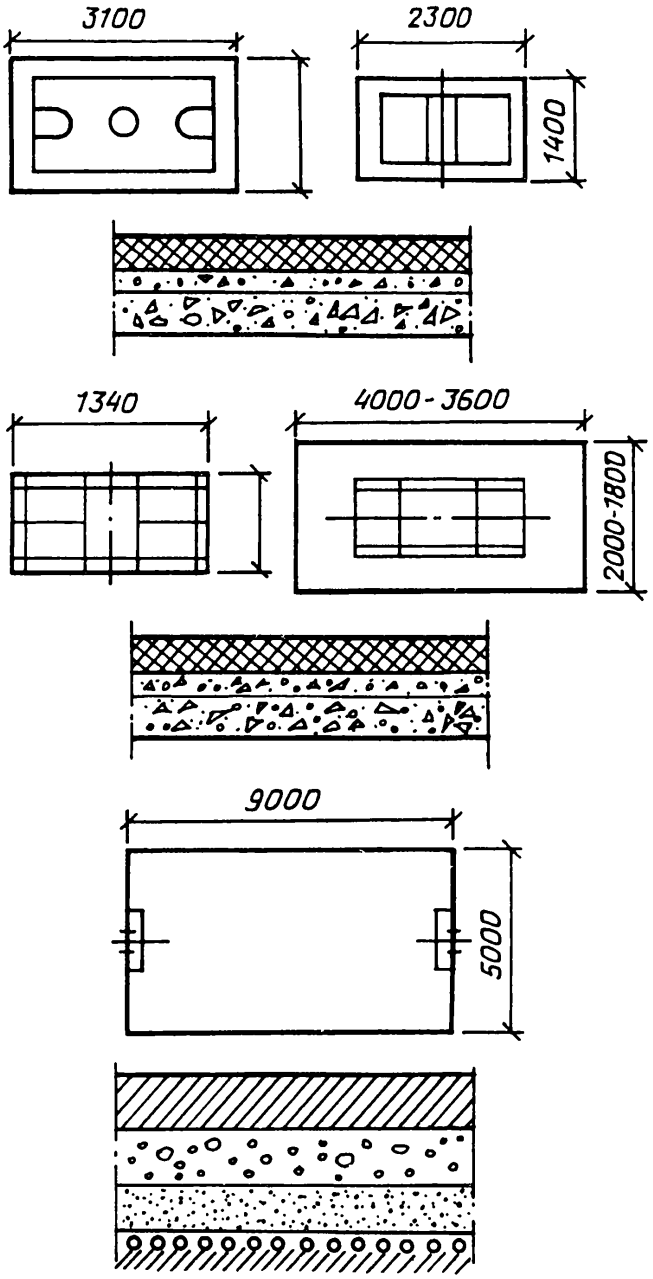



*Рис. 82. Схемы покрытий игровых, спортивных и других площадок*

# Глава 11. Озеленение городских территорий

Зеленые насаждения — один из важнейших элементов благоустройства городов. Окружающая среда, особенно в городе, оказывает значительное влияние на человека, поэтому в системе различных мероприятий по сохранению и улучшению окружающей городской среды важное место отводится озеленению городских территорий.

Зеленые насаждения обладают многими положительными свойствами: поглощая углекислоту, обогащают воздух кислородом; выделяют летучие вещества (фитонциды), уничтожающие болезнетворные микробы; служат средством защиты от пыли, загрязнений атмосферного воздуха отходами промышленного производства; в определенных условиях защищают от шума. Зеленые массивы улучшают микроклиматические условия, поскольку снижают силу ветра, увеличивают влажность воздуха, регулируют

тепловой режим. Помимо этого зеленые насаждения находят достаточно большое применение в инженерном благоустройстве городов, так как используются в борьбе с оврагообразованием и оползнями, дюнами и барханами, при мелиорации и т.д.

Значительную роль играют зеленые насаждения в формировании архитектурно-художественного облика города. Таким образом, благодаря большому архитектурно-планировочному и санитарно-гигиеническому значению зеленые насаждения — неотъемлемый элемент города и важный объект градостроительства.

### *11.1. Система зеленых насаждений*

Зеленые насаждения в городах, поселках и сельских населенных пунктах следует проектировать в виде единой системы с учетом величины и значения города, его планировочной структуры, архитектурно-пространственной композиции застройки, наличия уже имеющихся зеленых насаждений и других условий. При этом необходимо предусматривать максимальное сохранение и использование существующих зеленых массивов.

Озелененные территории в городе и за его пределами в зависимости от назначения, размеров и размещения в плане города и пригородной зоны относятся к различным категориям городских насаждений, образующих в совокупности систему зеленых насаждений. Городские зеленые насаждения в зависимости от характера использования и местоположения в плане города разделяются на насаждения общего и ограниченного пользования и насаждения специального назначения.

К **насаждениям общего пользования** относятся: центральные и районные парки культуры и отдыха, предназначенные для отдыха населения и проведения массовых культурно-просветительных, политических мероприятий, физкультуры и развлечений; спортивный парк с размещением спортивного ядра и площадок для тренировок и соревнований по различным видам спорта; ботанический и зоологический парки или сады, предназначенные для культурно-просветительной и научно-исследовательской работы; городской парк для прогулок и тихого отдыха; детский парк, предназначенный для отдыха, развлечений, проведения различной (физкультурной, культурно-просветительской, политической) работы с детьми; городской сад, предназначенный главным образом для отдыха населения, игр и развлечений; сквер — озелененный участок на площади или улице, используемый для кратковременного отдыха и в архитектурно-декоративных целях; бульвар на улицах, предназначенный для пешеходного движения и кратковременного отдыха; насаждения на улицах и площадях; лесопарк (лугопарк), размещенный вне застроенной городской территории и используемый для отдыха и спорта; зона массового отдыха — крупный зеленый массив в пригородной зоне, где размещаются пансионаты, палаточные лагеря, спортивные сооружения, комплекс культурно-бытового обслуживания отдыхающих.

К **насаждениям ограниченного пользования** относятся: насаждения при школах, техникумах, высших учебных заведениях; при детских садах и яслях; при клубах, дворцах культуры и домах пионеров; при научно-исследовательских учреждениях; при промышленных предприятиях; жилых микрорайонов и кварталов; заповедники, располагаемые в пригородной зоне с сохранением природных условий в естественном состоянии. В заповедниках проводится научно-исследовательская работа, туристы допускаются в ограниченном количестве и только по определенным маршрутам под руководством сотрудников заповедника; парки и сады при санаториях, домах отдыха, пионерских лагерях.

Все перечисленные озелененные участки, относящиеся к данной категории, характеризуются их использованием в различных целях (отдых, занятия физкультурой, игры, лечебные процедуры и пр.), ограниченным контингентом населения.

**Насаждения специального назначения**: санитарно-защитные зоны между жилой застройкой и промышленными и складскими предприятиями, а также устройствами внешнего транспорта; защитные зоны от неблагоприятных природных явлений, предназначенные для защиты населенных мест или районов от ветров, снежных и песчаных заносов; водоохранные зоны водозаборных и очистных сооружений городского водопровода; противопожарные насаждения вокруг складов горючих материалов; насаждения инженерно-мелиоративного назначения — посадки по берегам рек и водоемов, посадки, создаваемые в целях укрепления откосов, ликвидации оползневых явлений, прекращения роста оврагов и пр.; насаждения вдоль автомобильных и железных дорог для защиты от снежных и песчаных заносов, а также для декоративного оформления дороги; насаждения на кладбищах; городские питомники и цветочные хозяйства.

### *11.2. Зеленые насаждения общего пользования*

К основным зеленым насаждениям общего пользования относят в первую очередь парки и сады. В крупнейших, крупных и больших городах наряду с общегородскими парками предусматриваются районные парки, парки планировочных районов, а также специализированные — детские, спортивные, ботанические, зоологические и другие парки с учетом удовлетворения потребности населения всех возрастов в самых разнообразных видах отдыха.

Площадь парков, садов, скверов различна и обычно бывает не менее общегородских парков — 5 га, парков планировочных районов — 10 га, садов жилых районов — 3 га, скверов — 0,5 га. Площадь общепоселкового сада в поселках и сельских населенных пунктах, как правило, не менее 2 га. Территория парков зонируется в зависимости от функционального назначения отдельных участков (табл. 11).

**Таблица 11. Размеры функциональных зон общегородских парков и парков планировочных районов**

| Зоны | Площадь зон, % общей площади парка |
|---|---|
| Зрелищных предприятий | 5 |
| Учреждений культуры | 5 |
| Физкультурных и спортивных сооружений | 15 |
| Отдыха детей | 5 |
| Отдыха взрослых | 60 |

Примечание. Площадь зоны хозяйственных сооружений не должна превышать 4 % общей площади парка.

Парки и сады органично участвуют в формировании архитектурно-художественного облика современного города. Их планировочное и композиционное решения все больше предопределяются внешними факторами: размещением общественных центров, транспортных коммуникаций, многоэтажных жилых и общественных зданий, развитием общегородской и районной систем озеленения и т.д. Парк, сад, сквер и окружающая их застройка в настоящее время уже не могут проектироваться независимо друг от друга. Общей закономерностью становится создание крупных садово-парковых комплексов. Отдельные, изолированные друг от друга «зеленые острова» в сплошной массе застройки не могут обеспечить требуемый контраст с урбанизированной средой, они подавляются высотной застройкой и в их пределах не всегда удается сохранить специфический парковый характер. Новым требованиям быстро растущих городов должны соответствовать и иные, более крупные масштабы открытых пространств. Это позволит более свободно включать в градостроительные архитектурно-планировочные структуры такие природные доминанты, как долины рек, овражные системы, леса, возвышенности, озера, морские побережья.

Созидание оптимальных условий использования свободного времени — важная социальная задача. В этой связи

организацию досуга городского населения следует рассматривать как создание условий для отдыха, направленного на восстановление трудоспособности человека, культурное и физическое развитие, а также для развлечений, позволяющих человеку сменить обстановку, удовлетворить свои физические и духовные потребности.

Основное условие улучшения оздоровительной, культурной и социальной значимости городских парков — более эффективное использование всех специфических особенностей городского парка по сравнению с другими местами массового отдыха. Это означает, во-первых, сохранение и обогащение природной первоосновы парковой среды, во-вторых, обеспечение свободы выбора самых разнообразных и современных видов отдыха, спортивных и интеллектуальных занятий, развлечений и, в-третьих, максимальное приближение парков к жилым массивам. Создание парка, на территории которого гармонически сочетаются разнообразные, рассчитанные на десятки тысяч жителей формы культурно-просветительной работы, развлечения, занятия спортом и отдых в оптимальной природной обстановке, решенной на высоком архитектурно-художественном уровне, — достаточно сложная задача. Многофункциональность парков культуры и отдыха предопределяет наличие на его территории различных сооружений (эстрадный театр, открытая эстрада, читальный зал, павильон настольных игр, аттракционы и др.).

Нормами проектирования предусматривается, что сооружения в парке должны занимать не более 5% общей площади. В исключительных случаях, особенно при недостаточной площади территории, отводимой под парк, застройку допускается увеличивать, но не более чем до 10 %. В этом случае минимальная площадь парка составит 15 га. Номенклатура сооружений для различных парков не остается постоянной. Она зависит от размера территории, природных особенностей отводимого под парк участка, размещения его в плане города и существующей сети других культурно-просветительных учреждений. Размещение зданий, площадок и других сооружений — один из основных вопросов планировочного решения парков.

Архитектурная композиция плана парка, сада, сквера и любого другого озелененного участка решается различными приемами. Существуют три основных планировочных приема: регулярный или геометрический (классический); пейзажный (иногда его называют ландшафтным или живописным) и сочетание регулярного и пейзажного приемов. Выбор планировочного приема определяется основными условиями, влияющими на характер планировки территории — ее природными особенностями и назначением как всей территории, так и отдельных ее частей.

Значительной спецификой по набору и количеству сооружений и площадок, планировочному решению и решаемым задачам характеризуются парки и сады специального назначения — детские парки, лесопарки, ботанические и зоологические парки и сады и др.

Городские сады обычно создаются в тех районах города, где отсутствуют достаточные по размерам территории для устройства парка.

По характеру использования городские сады разделяют на две группы; первая — сады, предназначенные в основном для прогулок и спокойного отдыха; вторая — сады, на территории которых размещаются различные сооружения (павильоны, кинотеатры, площадки для игр, физкультурные площадки, читальни и др.). Как правило, в планировке садов преобладают пейзажные приемы (рис. 83).

Достаточно широко распространенными зелеными насаждениями общего пользования являются скверы, располагаемые на площадях, улицах и перед общественными зданиями. Размещение и планировка скверов определяются в первую очередь планировочным решением соответствующего района, размером отводимых для них участков, движением транспорта и пешеходов, расположением

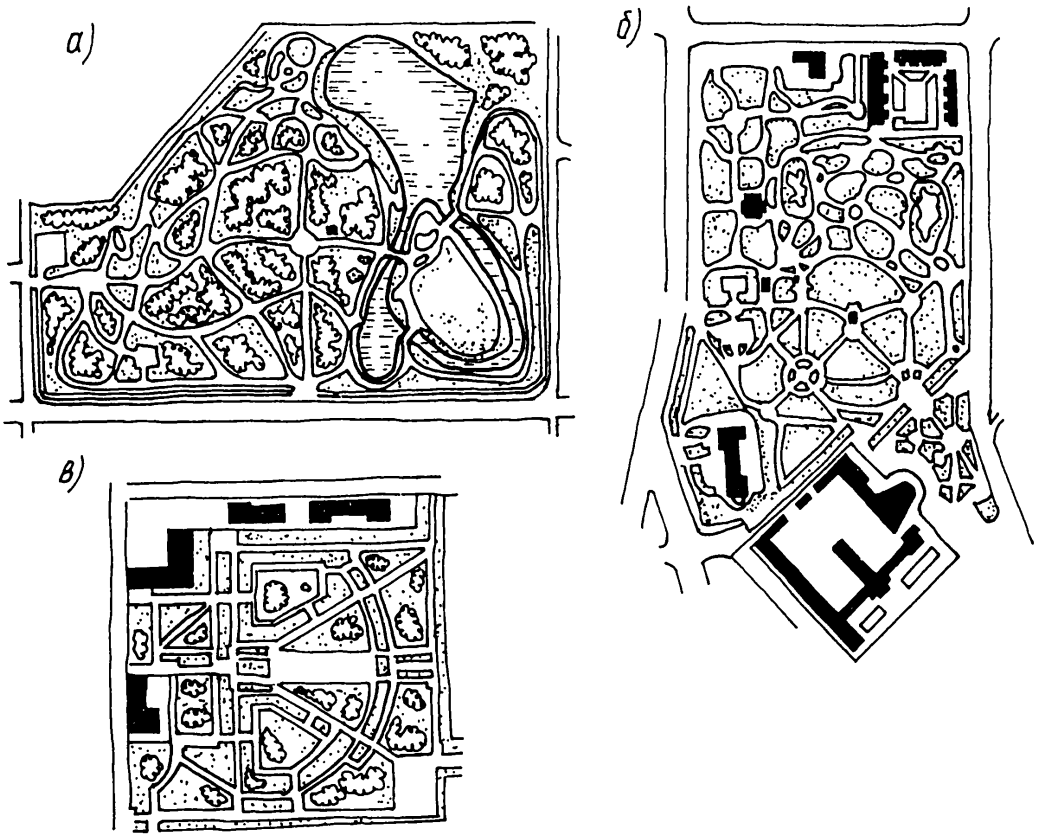



*Рис. 83. Примеры планировочного решения садов:*
***а** — Таврический сад (С.-Петербург) **б** — сад им. К. Маркса (С.-Петербург); **в** — сад им. 9 Января (С.-Петербург)*

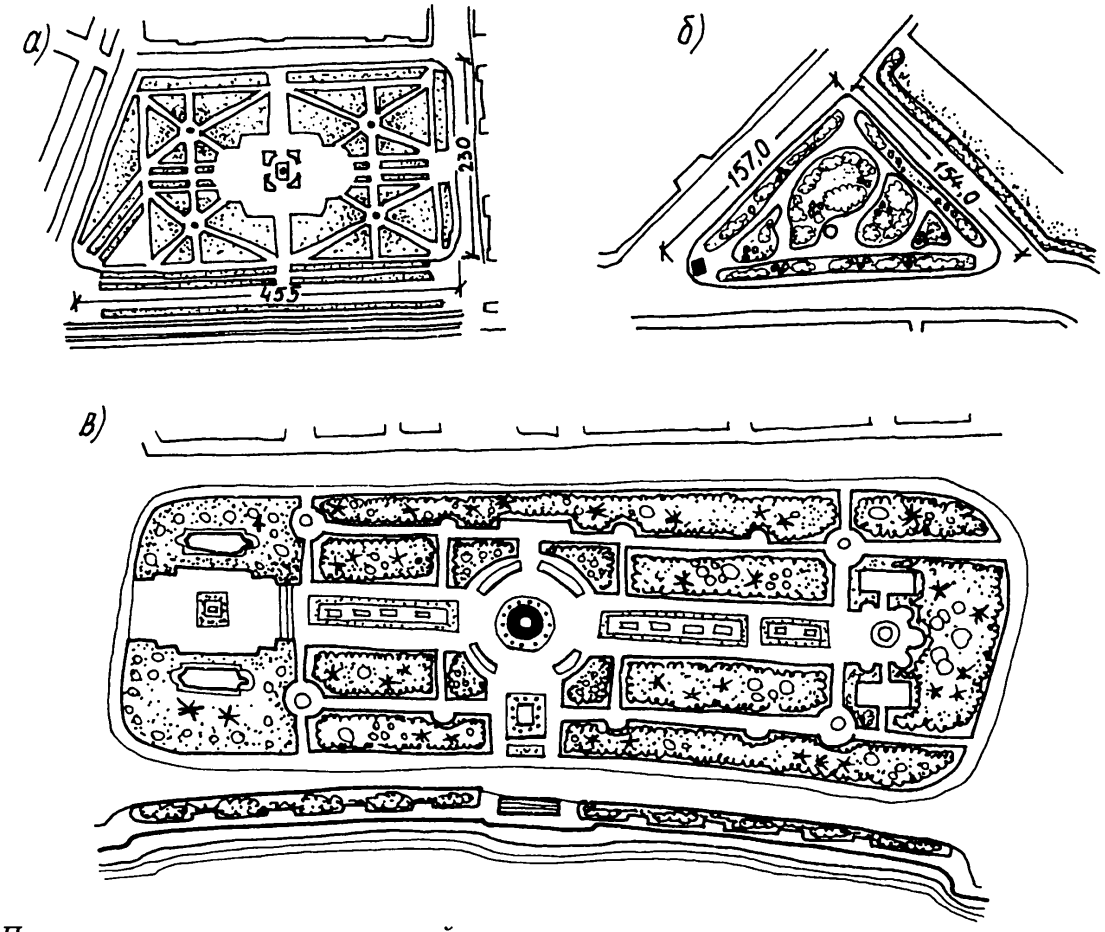



*Рис. 84. Примеры планировочных решений скверов:*
***а** — сквер на Марсовом поле (С.-Петербург); **б** — сквер на пл. Лермонтова (Москва); в — сквер на бывш. Болотной площади (Москва)*

и архитектурным решением общественных и жилых зданий.

Скверы предназначены, в основном для кратковременного отдыха населения, хотя в определенных условиях они могут использоваться и для более продолжительного отдыха, для прогулок и игр детей. В некоторых случаях скверы на площадях и улицах устраивают лишь с архитектурно-декоративными целями с установкой памятников, скульптур или размещением фонтанов.

Как правило, площадь скверов не превышает 2 га, но встречаются скверы и более значительных размеров. Наряду с этим архитектурно-декоративные скверы разбивают и на незначительных по размерам участках (рис. 84).

### *11.3. Озеленение межмагистральных территорий, площадей и улиц*

На межмагистральных территориях размещаются главным образом жилая застройка, а также здания и сооружения административного, культурно-просветительного, спортивного и бытового характера. В систему озеленения межмагистральных территорий входят: озеленение территории жилой застройки; озеленение общественных центров, административных и культурно-просветительных зданий и спортивных сооружений, районный парк или сад.

Озеленение территории жилой застройки относится к насаждениям ограниченного пользования и включает микрорайонный сад (при наличии для его размещения свободного участка), зеленые насаждения при группах жилых домов, по проездам и пешеходным аллеям, озеленение участков детских дошкольных и школьных учреждений, защитные посадки вокруг спортивных и хозяйственных площадок, у автомобильных стоянок и гаражей. По существующим нормативам суммарную площадь зеленых насаждений на одного человека рекомендуется принимать в зависимости от этажности зданий в следующих пределах: 2—3-этажные жилые здания — 19—15 м$^2$, 4—5-этажные — 14—11, 6—8-этажные — 10,5—9, 9—12-этажные — 8,5—8, 16-этажные — 7 м$^2$.

При разработке проектов озеленения территорий жилой застройки необходимо предусматривать трассировку основных пешеходных аллей по кратчайшим расстояниям от жилых зданий до центров тяготения — школ, садов-яслей, торговых центров, остановок общественного транспорта и пр., а также площадки для отдыха взрослых и детские площадки с учетом необходимой инсоляции.

Участки детских яслей-садов озеленяются для создания благоприятных микроклиматических и санитарно-гигиенических условий. По границам участка устраивается защитная полоса из двухрядных посадок деревьев и кустарников. Групповые площадки и площадки для занятий физкультурой также отделяются друг от друга зелеными насаждениями. В балансе территории яслей-садов зеленые насаждения занимают до 80 % территории. К ассортименту растений предъявляются специфические требования — на участке не должно быть растений с ядовитыми плодами и колючками.

Участки школ, площадь которых зависит от количества учащихся, озеленяются по периметру территории, у спортивных площадок, а также создаются уголки для отдыха и занятий. Обычно зеленые насаждения в совокупности с дорожками, площадками для игр и отдыха занимают около 70 % общей территории.

Насаждения на улицах относятся к категории насаждений общего пользования и широко распространены в городах, поселках и других населенных местах. В среднем общая норма насаждений на улицах на одного жителя составляет 4,5 м$^3$. Она колеблется в зависимости от величины города, климатических условий, степени благоустройства городской территории.

В градостроительной практике используются различные приемы озеленения улиц: одиночные экземпляры деревьев и кустарников; группы деревьев и кустарников, которые могут состоять из групповых посадок деревьев, групповых посадок кустарников, рядовых посадок деревьев (однорядных, двухрядных и многорядных), рядовых посадок кустар-

ников, полос кустарников (живые изгороди); газонные покровы; цветочные покровы в виде клумб; вертикальное озеленение зданий и оград; устройство бульваров и др. Достаточно часто, особенно в новых городах и жилых районах, посадки на улицах дополняются посадками между тротуарами и застройкой. В обязательном порядке подлежат озеленению скоростные дороги, магистральные улицы общегородского и районного значения. Озеленение улиц осуществляется не только в эстетических целях, но и для улучшения безопасности движения и создания более благоприятных микроклиматических условий для пешеходов.

Использование того или иного типа озеленения улицы зависит от планировочных, архитектурных и климатических условий. Выбор типа озеленения конкретной улицы определяется в зависимости от ряда факторов: категория улицы; ширина улицы в пределах красных линий; интенсивность движения транспорта и пешеходов; тип и этажность застройки; назначение зданий, расположенных на улице; требования защиты населения от шума, пыли, выхлопных газов автомобилей; расположение оросительных каналов (при искусственном орошении территории); климатические и микроклиматические условия; система озеленения района, в котором располагается данная улица, и др.

При выборе типа посадок зеленых насаждений на улицах необходимо учитывать следующее: в городах, расположенных в южных широтах, особое внимание следует уделять затенению наиболее облучаемых солнцем тротуаров и фасадов зданий. В этом случае наилучшей является линейная посадка деревьев с широкой и плотной кроной; в городах, расположенных в средних и северных широтах, следует предусматривать разрывы в полосах зеленых насаждений для временного размещения снега, убранного с проезжей части; на улицах с интенсивным движением транспорта и в городах с превалирующим ветром, поднимающим пыль, песок, снег, необходимы плотные посадки как между проезжей частью улицы и тротуаром, так и специальные защитные зоны; при малой ширине улицы с интенсивным движением транспорта посадку насаждений следует производить между тротуаром и проезжей частью; на улицах широтной ориентации на северной стороне (дома с фасадами на юг) необходимо создавать тень на тротуарах посадкой по обеим их сторонам ряда деревьев средней высоты. При малой ширине улицы возможна посадка одного ряда деревьев между тротуаром и проезжей частью; на улицах меридиональной ориентации необходимо затенение тротуаров и фасадов зданий. Наибольший эффект в этом случае дает посадка ряда деревьев по обеим сторонам тротуара (деревья между тротуаром и зданием должны быть высокими). В случае недостаточной ширины улицы следует производить посадку между тротуаром и проезжей частью с чередованием высоких и средней величины деревьев; на перекрестках и поворотах улиц необходимо создавать зону видимости — пешеходы и водители должны иметь дорогу и движущийся транспорт; рядовая посадка деревьев должна производиться в полосе открытой почвы необходимой ширины; опоры для фонарей наружного освещения, мачты для проводов трамвая и троллейбуса могут размещаться в полосе, отведенной для посадки кустарника; на улицах с рядовой посадкой вдоль тротуаров не следует применять породы деревьев с поверхностной и сильно разветвленной корневой системой во избежание повреждения покрытий; рекомендуется высаживать на улицах деревья в возрасте от 7 лет в городах южных широт и от 12 лет в городах средних и северных широт, а кустарник не менее 4—5 лет.

В озеленении улиц важное место отводится бульварам. Как правило, бульвары расположены по оси улицы и в этом случае не защищают тротуары от солнечной радиации, пыли и выхлопных газов автомобилей. Для улучшения гигиенического значения бульваров следует их располагать не по оси улицы, а по обеим сторонам. На бульварах помимо зеленых насаждений могут размещаться памятники, скульптуры, декоративные бассейны,

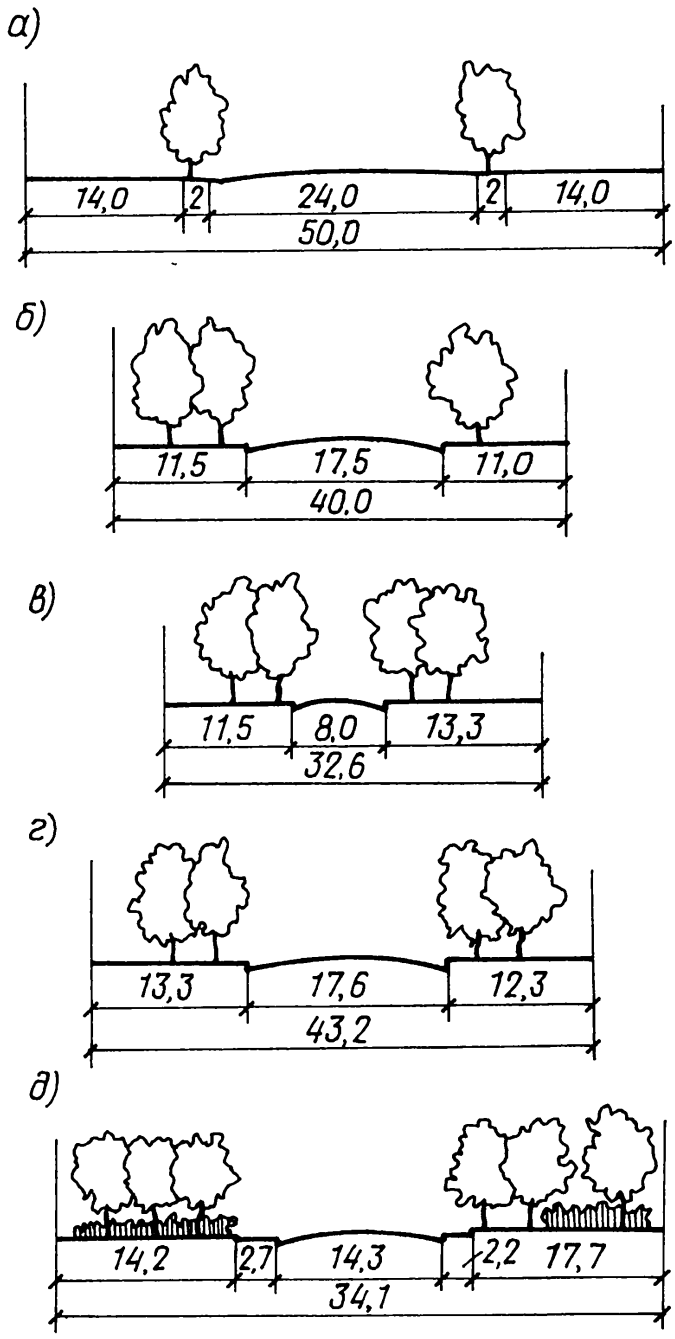



*Рис. 85. Примеры озеленения улиц:*
*а — Крещатик (Киев); б — ул. Энгельса (Ростов-на-Дону); в — Оленья ул.; г — Селезневская ул.; д — ул. Шаболовка*

фонтаны и прочие малые архитектурные формы. Примеры озеленения улиц приведены на рис. 85.

### *11.4. Принципы проектирования системы зеленых насаждений*

Размещение в плане города зеленых насаждений общего пользования, ограниченного пользования и специального назначения зависит от функционального назначения различных категорий насаждений, природных условий и общего архитектурно-планировочного решения населенного места. В составе генеральных планов городов разрабатываются схемы зеленых насаждений и на их основе — перспективные планы озеленения. При проектировании системы зеленых насаждений наибольшее внимание уделяется насаждениям общего пользования, поскольку размещение насаждений специального назначения полностью зависит от их целевого назначения, а ограниченного пользования — от расположения объектов, при которых они размещаются.

Городские насаждения общего пользования должны равномерно распределяться в плане города. Каждый район должен быть в равной степени обеспечен зелеными насаждениями с оптимальными расстояниями до жилой застройки. Равномерная обеспеченность районов города насаждениями предполагает не равное по площади размещение зеленых территорий, а зависимость их пропорционально количеству жителей районов (плотности населения). Необходимо также учитывать, что в некоторых районах города могут быть сосредоточены крупные учреждения, большие магазины, вокзалы, промышленные предприятия и др., что влияет на значительное скопление людей, которое может превышать число постоянно проживающих жителей.

Размещение насаждений в плане города зависит и от целевого назначения их различных категорий. В одних случаях они предназначены для создания наиболее здоровых условий отдыха населения, в других — для защиты городской территории от сильного ветра, отходов промышленных предприятий, в третьих — для улучшения микроклиматических условий, в четвертых — для украшения улиц, площадей. Достаточно часто зеленые насаждения одновременно выполняют ряд функций.

При проектировании города пользуются нормами озеленения, которые дифференцируются в зависимости от размеров города и климатических условий. На основе анализа фактического положения и проектных материалов по конкретным объектам, а также с учетом положений

СНиП по проектированию различных городских территорий разработаны дифференцированные по типам городов сводные нормативные показатели. При разработке проектов системы зеленых насаждений конкретного города в указанные нормы рекомендуется вносить уточнения в соответствии с особенностями данного города. Например, норма насаждений в жилой застройке будет изменяться в зависимости от удельного веса застройки различной этажности.

Обобщение и анализ градостроительного опыта в создании систем насаждений городов позволяет выдвинуть следующую принципиальную схему насаждений крупных и средних городов. Город включает несколько промышленных и жилых районов. Промышленные районы отделяются от жилых защитными зонами или озелененными магистралями. Жилые районы разделяются магистралями с плотной посадкой полос или бульварами, примыкающими к жилой застройке. В центрах микрорайонов располагаются микрорайонные сады, а в пределах определенного радиуса доступности в жилых районах размещаются районные и детские парки. Центральный городской парк, центральный спортивный парк и ботанический или зоологический парк, т.е. массивы общегородского значения, размещаются примерно в центре по отношению к жилым районам. Внутригородская система озеленения дополняется лесопарковым поясом, в котором могут быть размещены зоны массового отдыха, санатории, дома отдыха и пионерские лагеря.

## Глава 12. Водный бассейн города

Большинство городов располагается на реках, побережьях морей или других водоемов. Акватории входят в городскую черту, как и пойменные земли, пашни, леса и другие городские земли.

Вода в городе — не только важнейший экономический и транспортный фактор. Ее роль не исчерпывается и чисто хозяйственными функциями. Акватории имеют очень большое эстетическое значение, во многом определяя архитектурно-планировочную структуру города и участвуя в формировании его архитектурно-эстетического облика.

Контактная прибрежная полоса в городе обычно несет значительную нагрузку — она может выступать как зона внешнего и внутреннего транспорта (размещение портовых сооружений, скоростных автомобильных магистралей и др.), как место отдыха горожан (устройство пляжей, скверов, аллей и т.д.), как элемент архитектурного ансамбля (строительство набережных, лестниц, малых архитектурных форм и др.), выполнять и другие функции (экологические, например). Все это хорошо видно на примерах С.-Петербурга, Москвы, Киева, Одессы, Минска, других городов, акватории и прибрежные зоны в которых не только выполняют важные общегородские, хозяйственные функции, но и, отличаясь неповторимым своеобразием, во многом формируют архитектурно-эстетический облик этих городов.

Далеко не всегда береговая полоса подготовлена для того, чтобы выполнять многообразные функции, которые определены ее местом в современном городе. Более того, плохо оборудованная в инженерном отношении, она гораздо быстрее и интенсивнее, чем в естественных условиях, страдает от неблагоприятных воздействий (наводнений, эрозии, механических повреждений и т.д.). Поэтому инженерная защита и благоустройство прибрежной полосы в городах — важные архитектурно-планировочные задачи, которые в зависимости от конкретных условий решаются различными приемами. Комплекс этих приемов и методов и определяет понятие благоустройство береговой полосы.

Там, где природные акватории отсутствуют или их недостаточно (в городах засушливой зоны, например), инженерными задачами являются обводнение и орошение территорий, введение искусственных водотоков и водоемов в планировочную систему города, благоустрой-

ство «берегов» новых рукотворных водных пространств.

### *12.1. Благоустройство естественных водотоков и водоемов*

**Причины разрушения береговой полосы.** Эрозионная деятельность водотоков выражается в углублении русел (донная эрозия) или в расширении долин за счет подмыва берегов (береговая эрозия). В результате этого долины рек постепенно углубляются и расширяются. Интенсивность эрозии в первую очередь зависит от прочности размываемых пород и скорости течения воды в водотоке. В свою очередь скорость течения зависит от продольного уклона реки. Наибольшие уклоны обычно имеют место в горных районах, где соответственно наблюдаются и наибольшие скорости течения.

Вследствие этого эрозия наиболее интенсивно проявляется на горных участках, причем в этом случае доминирует донная эрозия. На равнинных территориях донная эрозия проявляется слабо, в то время как значительно возрастает боковая (береговая) эрозия. Наиболее интенсивно эрозионная деятельность потока наблюдается в русловой части, значительно уменьшаясь на пойменных участках при их затоплении во время паводков.

Углубление русла водотоков приводит к развитию на их берегах оползневых явлений и к обрушению берегов, а береговая эрозия ведет к интенсивному подмыву берегов. В первую очередь эти явления наблюдаются на вогнутых участках русла, где берег находится под непосредственным воздействием течения.

Берега морей и крупных водоемов (озер, водохранилищ) также подвержены переработке, связанной с ветровым волнением. В этом случае деятельность водоемов сводится в основном к разрушению берега под воздействием волн. Этот процесс называется абразией. Интенсивность абразии определяется комплексом причин, важнейшие из которых — прочность пород, подвергающихся волновому воздействию; глубина прибрежной зоны, определяющая силу волн; направление господствующих ветров; климатические особенности района; режим моря (приливы и отливы). В зависимости от совокупности этих условий интенсивность разрушения береговой полосы может изменяться от нескольких сантиметров до нескольких метров в год. Помимо проявления абразии, что часто приводит к сильному развитию в береговой полосе оползневых явлений, могут возникать и условия для аккумуляции (отложения) наносов, при которых береговая полоса постепенно выдвигается в сторону водоема. Таким образом, в результате воздействия на береговую полосу течений и волн происходят подмыв и разрушение берегов водоемов, обрушение, активизация оползневых явлений. Все это уничтожает ценную с градостроительной точки зрения территорию и вызывает необходимость проведения мероприятий по защите береговой полосы и ее благоустройству.

**Берегозащитные мероприятия.** Все мероприятия по защите и инженерному благоустройству прибрежной территории — строительство набережных, прогулочных аллей, сходов, пляжей и др. следует разрабатывать с учетом градостроительного использования прибрежной полосы.

Берегоукрепительные сооружения защищают от разрушительного действия течения, волн, льда и атмосферного воздействия. Как правило, на берегах рек устраиваются набережные с подпорными стенками или откосные (рис. 86). Выбор типа набережной производится исходя из архитектурно-планировочных соображений и функционального назначения прилегающей территории. Как правило, в центральных частях города используются набережные с вертикальной стенкой.

В зависимости от горизонтов меженных и высоких вод и высоты берега набережные могут быть одноярусные, двухъярусные и многоярусные. Одноярусные набережные, как правило, имеют отметку по верху не менее чем на 0,5 м выше горизонта высоких вод, т.е. они должны быть незатопляемыми.

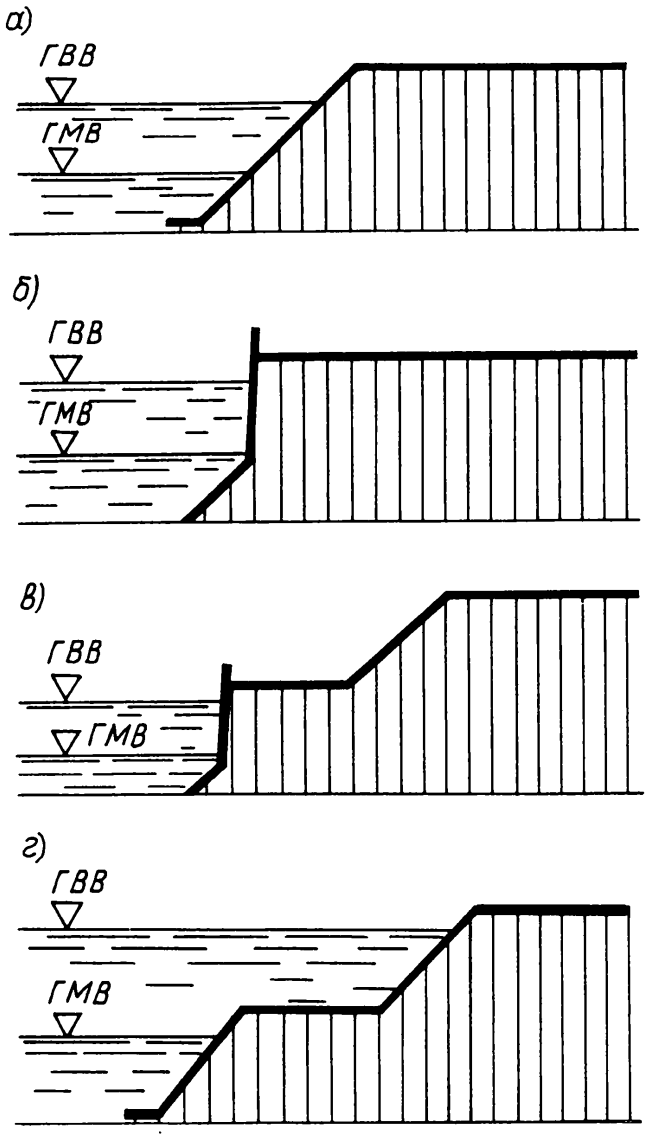



*Рис. 86. Типы набережных:*
***а** — откосная набережная; **б** — набережная с подпорной стенкой; **в** — двухъярусная набережная (с откосом и подпорной стенкой); **г** — двухъярусная откосная набережная*

Двухъярусные набережные проектируют таким образом, что прогулочная аллея, проходящая по первому ярусу, затапливается при подъеме воды во время половодья, а отметка второго яруса обеспечивает незатопляемость территории. Береговые откосы по своей высоте разделяются на три зоны. К первой относится нижняя подводная часть откоса. Она располагается ниже горизонта меженных вод. Вторая зона — зона временного затопления, которая находится между горизонтом меженных вод и уровнем высоких вод. Третья зона — незатопляемая располагается выше расчетного горизонта высоких вод.

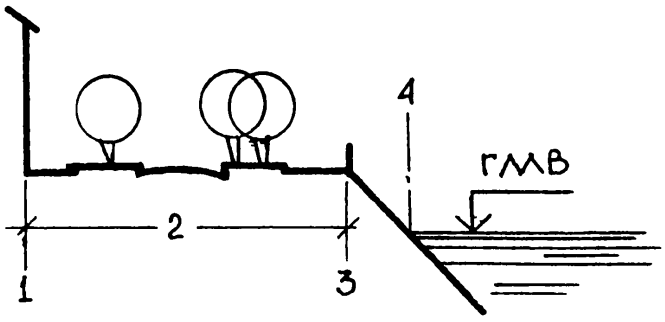



*Рис. 87. Схематический разрез набережной*
*1 — красная линия; 2 — набережная; 3 — верхняя бровка откоса; 4 — линия регулирования*

Набережная — важный компонент планировочного и архитектурного решения города в целом. Поэтому планировочное решение самой набережной должно быть увязано с прилегающей территорией. Важную роль играют архитектурное оформление набережной, ее облицовка, озеленение, сходы и при проектировании набережных большое значение следует придавать расположению линии регулирования, т.е. линии пересечения внешней стороны набережной с меженным горизонтом воды. Расположение линии регулирования определяется классом реки, назначением набережной и в первую очередь архитектурно-планировочным решением города. Она определяет ширину реки и очертание берегов. Территорию населенного места между линией регулирования и красной линией застройки называют береговой полосой. Под набережной понимают участок береговой полосы между красной линией застройки и верхней бровкой откоса берегового склона или подпорной стенки (рис. 87). В том случае, когда береговой склон имеет достаточную ширину, его благоустраивают и озеленяют. В пределах береговой полосы устраиваются зоны отдыха, пляжи, комплексы спортивных сооружений, причалы и пр. Набережные на реках и водоемах являются не только элементом защиты берега от разрушения, но и украшением города. При разработке проекта планировки и благоустройства набережной следует иметь в виду, что она служит также местом отдыха и прогулок населения, а также и то, что она просматривается как с воды, так и с противоположного берега. Большое значение отводится на набереж-

ной зеленым насаждениям и малым архитектурным формам. При подборе зеленых насаждений обращается внимание на высоту деревьев и кустарников, на окраску листвы и изменение цвета по сезонам года, время цветения. Большое значение имеют газоны и цветники, особенно на откосных набережных, которые создают зеленый ковер.

Помимо прогулочных аллей на набережных устраиваются видовые площадки, площадки для отдыха, а также сходы к воде и достаточно часто — сходы-причалы. Лестничные сходы служат для соединения прогулочных аллей, расположенных на разных отметках на береговом склоне или многоярусной набережной, между собой и для связи набережной с водой. Лестничные сходы являются одним из украшений набережной (рис. 88). Перепад отметок верха и низа схода, его длина и ширина зависят от общего пла-

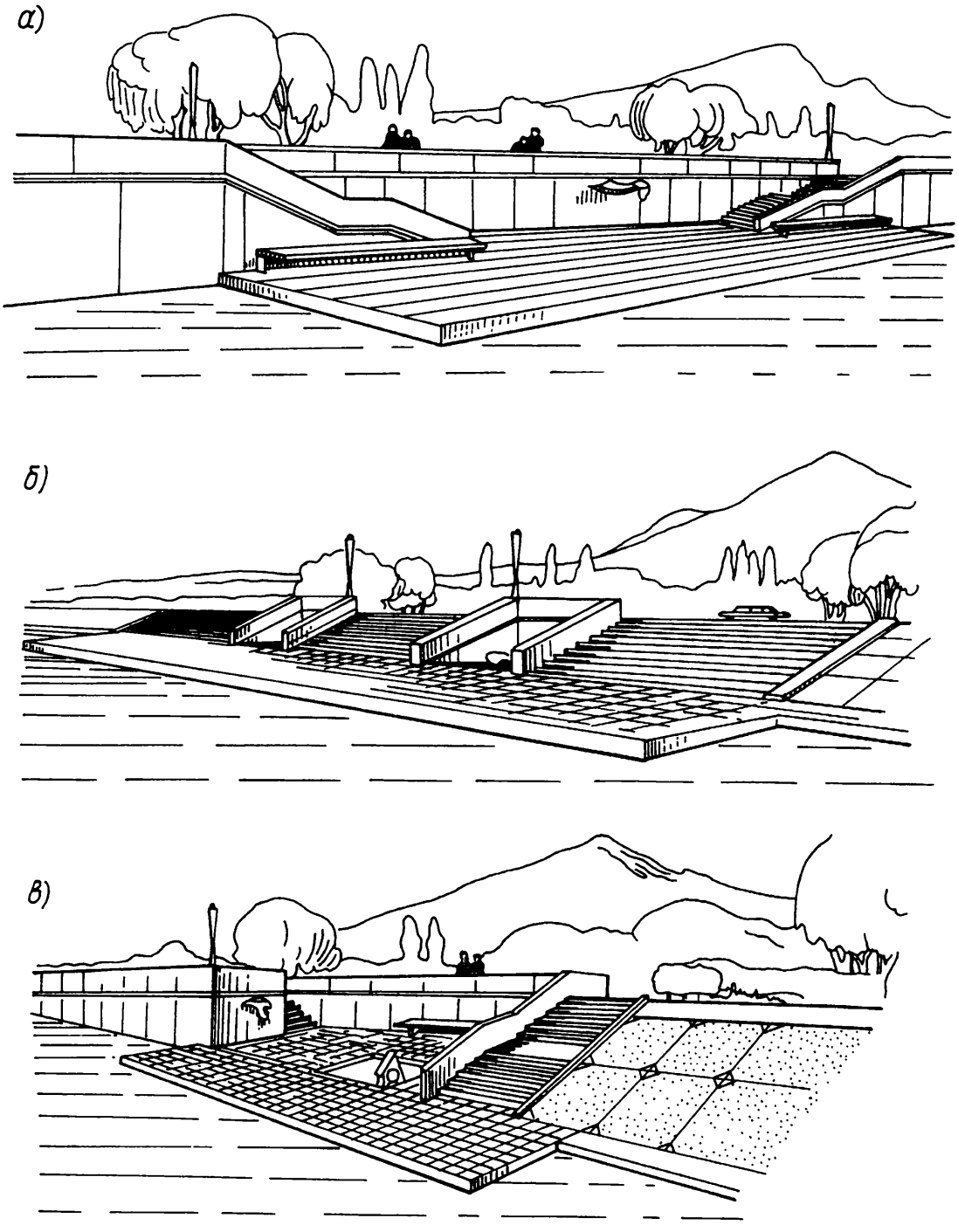



*Рис. 88. Лестничные сходы:*
***а** — с вертикальной стеной; **б** — откосный; **в** — на сопряжении откоса и вертикальной стены*

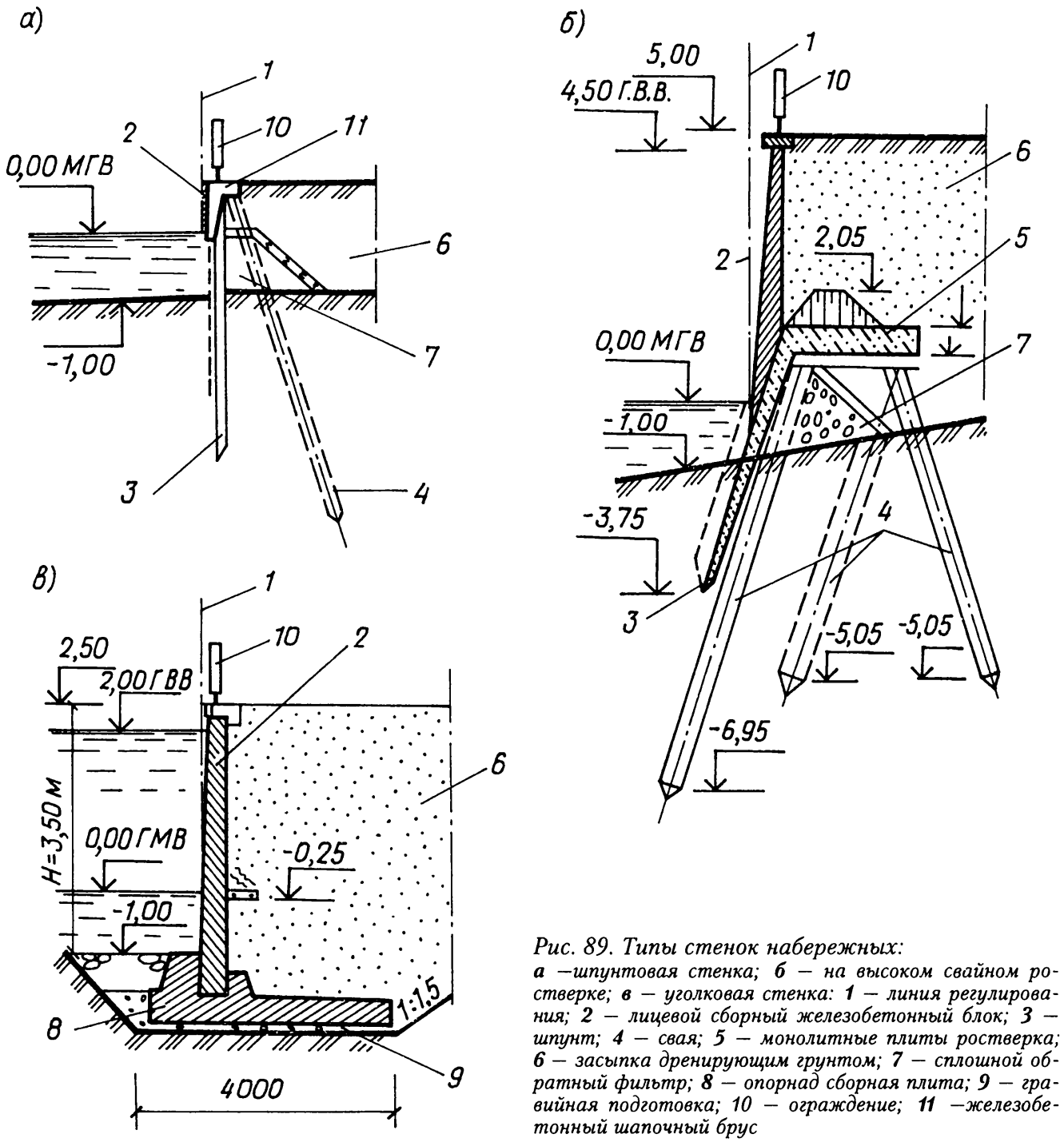



*Рис. 89. Типы стенок набережных:*
***а** —шпунтовая стенка; **б** — на высоком свайном ростверке; **в** — уголковая стенка: **1** — линия регулирования; **2** — лицевой сборный железобетонный блок; **3** — шпунт; **4** — свая; **5** — монолитные плиты ростверка; **6** — засыпка дренирующим грунтом; **7** — сплошной обратный фильтр; **8** — опорнад сборная плита; **9** — гравийная подготовка; **10** — ограждение; **11** —железобетонный шапочный брус*

нировочного решения набережной. Ступени на лестничных сходах следует применять размером 14×35 см с заложением марша 1:2,5. При большой высоте схода устраиваются площадки.

При строительстве городских набережных широко применяют сборные железобетонные конструкции с облицовкой или без нее. Разработано и используется несколько типов стенок набережных: шпунтовая стенка, набережная на высоком свайном ростверке, уголковая стенка и др. (рис. 89). Откосные набережные также требуют соответствующего крепления. Для крепления откосов, подверженных постоянному воздействию воды, применяют, как правило, покрытия из сборного железобетона. На откосах, подверженных кратковременному затоплению и при скоростях течения до 2 м/с, обычно применяется одерновка плашмя или одерновка в стенку. На сухих откосах, которые никогда не попадают в зону действия воды, применяется ленточная одерновка в клетку. Большое распространение получило крепление откосов сбор-

ными железобетонными дырчатыми плитами на гравийной подготовке, которые опираются на железобетонные сваи, забитые в грунт.

Ячейки плит заполняются смесью гравия с растительным грунтом и засеваются травами, например вьющимся клевером. Применение таких плит обеспечивает защиту откоса от размыва и воздействие льда, создавая одновременно с этим зеленый ковер на откосе набережной. Вертикальная планировка набережной и организация поверхностного стока решаются, как правило, созданием пилообразного лотка. Высоту подпорной стенки набережной по архитектурным и экономическим соображениям принимают не более 4—5 м. При большей высоте стенки набережной значительно усложняется ее конструкция и ухудшается зрительное восприятие как самой стенки, так и водного пространства.

### *12.2. Благоустройство искусственных водоемов*

**Искусственные водоемы.** В тех случаях, когда в городах отсутствуют естественные акватории, устраиваются искусственные пруды и водоемы. По своему назначению они подразделяются на декоративные, для купания и водных видов спорта, рыбной ловли, инженерно-хозяйственные и пр. Наряду с тем, что искусственные водоемы имеют определенное архитектурно-планировочное назначение, они являются местом отдыха населения, служат спортивным и санитарно-гигиеническим целям. Наиболее часто искусственные водоемы создаются в зонах отдыха и парках. В связи с выполняемыми задачами они имеют различную площадь и должны соответствовать определенным техническим и гигиеническим требованиям.

Городские искусственные водоемы подразделяются на пруды, устраиваемые на ручьях и оврагах путем перегораживания их плотинами, и пруды-копани. В зависимости от рельефа местности, продольного уклона дна ручья или оврага, общего планировочного решения на территории парка могут создаваться как отдельные пруды, так и каскады из нескольких водоемов, расположенных один за другим с разными отметками поверхности (рис. 90). В водоемах, образованных с помощью плотин, очертание береговой линии определяется рельефом территории и отметкой поверхности воды. Берег водоема будет повторять очертание горизонталей с определенной отметкой. Исходя из этого при проектировании водоема можно точно определить, при какой отметке зеркала воды водоем получит желаемую форму: изрезанное очертание берегов с заливами и бухтами, наличие островов, спокойное очертание берегов и пр.

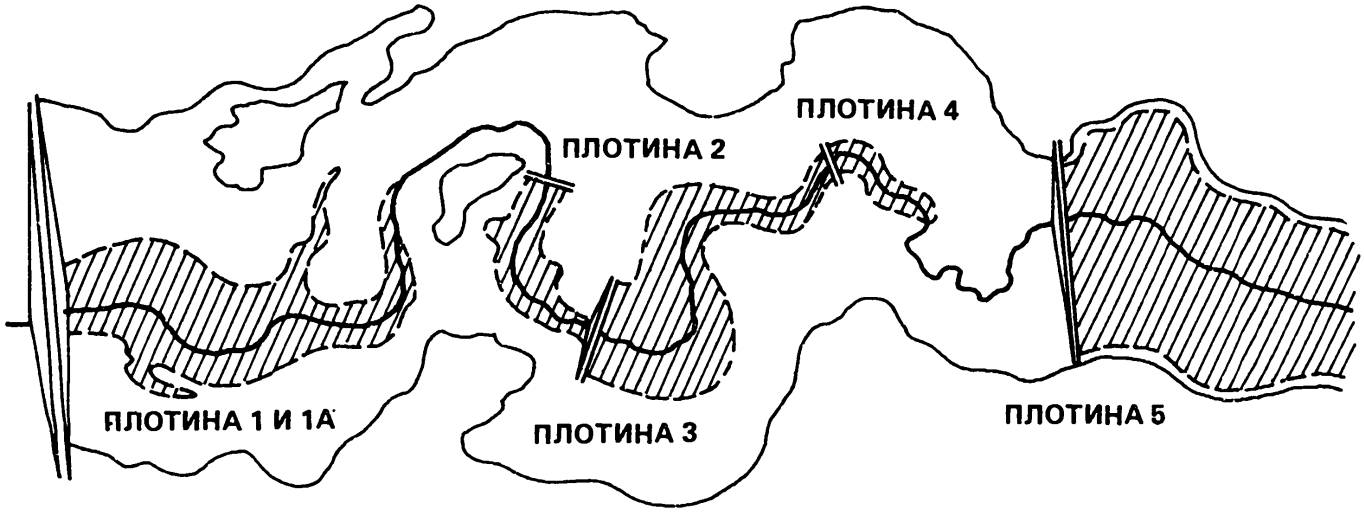



*Рис. 90. Каскад прудов (при сооружении плотин 1, 2, 3, 4, 5); вариант — создание одного пруда при сооружении высокой плотины*

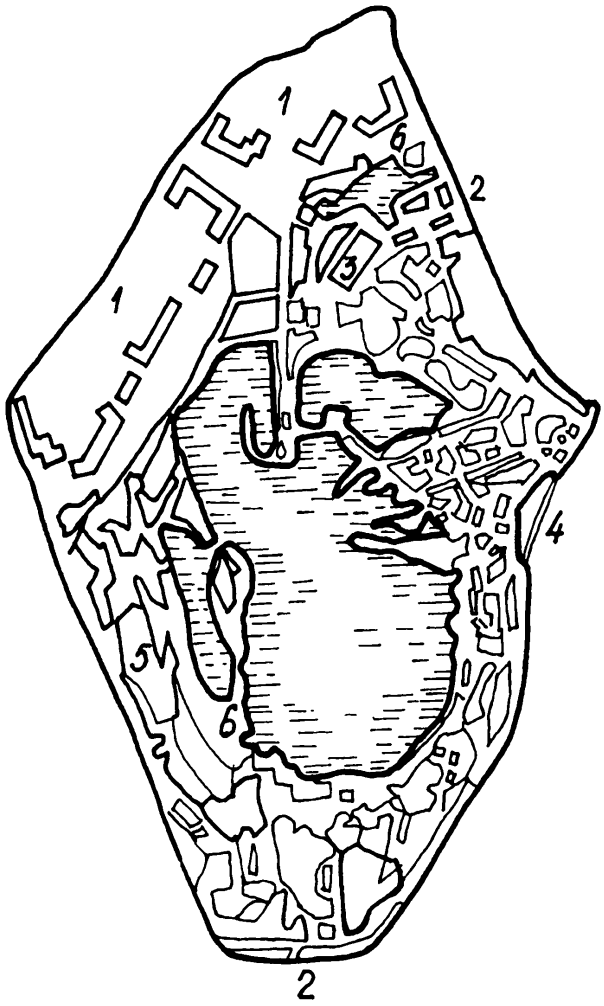



*Рис. 91. Гидропарк в г. Саяногорске*
*1 — селитебные территории; 2 — входные; 3 — спортивная зона; 4 — культурно-массовая зона; 5 — зона тихого отдыха; 6 — водоемы*

Весьма часто искусственные водоемы создают путем заполнения водой отработанных карьеров при создании чаши на определенном планировочным решением месте. В первом случае они являются элементом благоустройства территории и мероприятием по восстановлению нарушенных территорий. Одним из примеров может служить гидропарк на месте карьеров в г. Саяногорске (рис. 91). Создание крупных искусственных водоемов на заболоченных территориях позволяет их осушить, что значительно улучшает окружающую среду и дает возможность использовать непригодные территории в градостроительных целях. Так был создан парк Фиолетового бамбука в Пекине, сооруженный на значительной площади заболоченной городской территории.

Пруды отличаются по источникам питания и проточности. Проточные пруды питаются главным образом ручьями и речками, ключевой водой. Непроточные пруды имеют естественные источники питания, например грунтовые воды, а при их отсутствии наполняются водой, перекачиваемой из других водоемов, или из городской водопроводной сети. Пруды могут заполняться и стоком поверхностных вод при условии их очистки. Искусственные водоемы достаточно часто соединяются с естественными водотоками и водоемами, образуя единую систему. В зависимости от назначения пруды имеют различную глубину. При использовании прудов для плавания и купания необходима глубина до 2 м. В тех случаях, когда на их берегу располагаются вышки для ныряния и водные станции, глубина должна быть до 4,5 м. Очертание береговой линии может быть самым разнообразным в зависимости от рельефа и назначения пруда. Протяженность береговой линии должна быть достаточной для размещения на ней пляжей, причалов для лодок, водных станций и других сооружений, необходимых по планировочным соображениям.

**Инженерные мероприятия.** При проектировании водоемов решается ряд вопросов: назначение водоема; устройство чаши водоема с учетом отметки зеркала воды; определение конструкции берегоукрепления; устройство перепускных и водосливных сооружений; благоустройство береговой полосы. Большое внимание уделяется созданию чаши пруда. Размеры, очертания в плане и глубина определяются исходя из архитектурно-планировочных требований и назначения пруда. При проектировании его продольного и поперечного профилей учитываются отметка зеркала воды, рельеф существующей поверхности и геологические условия. Вертикальная планировка дна чаши водоема осуществляется с учетом требований, предъявляемых при эксплуатации водоема, и проектируется таким образом, чтобы был обеспечен слив воды.

Для предотвращения фильтрации воды в грунт, особенно при наличии во-

допроницаемых грунтов, по земляному ложу водоема необходимо устраивать водонепроницаемый экран. В основном используется экран из мятой глины или жирного суглинка слоем 0,3—0,5 м с песчаной пригрузкой. В целях гидроизоляции применяются также антифильтрационные покрытия из различных пленок (асфальтобетонных, битумных, рулонной гидроизоляции) на бетоне.

Крепление берегов водоемов может быть по конструктивному решению весьма разнообразным в зависимости от назначения набережной, геологических условий и рельефа прибрежной территории. Простейшие берегоукрепительные мероприятия — посев трав, одерновка откосов, которые планируются с крутизной не более 1:2 и в исключительных случаях 1:1,5, посадка кустарника, мощение камнем и др.

Для укрепления берегов водоемов используются главным образом конструкции из сборных железобетонных элементов, причем берегоукрепление может решаться в вариантах откосного типа и подпорной стенки. Стенки берегоукрепления откосного типа выполняются из сборных железобетонных плит, уложенных по щебню, с устройством упорного бруса в основании откоса.

Подпорные стенки набережных выполняются в различных конструктивных решениях: свайно-заборчатой, шпунтовой конструкций, из сборных железобетонных блоков и др. (рис. 92). Применение той или иной конструкции зависит от геологического строения берегового участка. В некоторых случаях используется конструкция стенки из монолитного бетона при невозможности применения сборных железобетонных элементов.

При постоянном горизонте воды в водоемах отметка верха набережной или бровки откоса принимается на 0,3—0,5 м выше отметки зеркала воды. В случае возможного подъема воды при паводках набережная может возвышаться над нормальным горизонтом воды на 1 м.

Когда создаются искусственные водоемы напорного типа, помимо сооружения плотин необходимо устройство водоспусков или водосливов. Для поддержания отметки поверхности воды в водоемах на определенном постоянном уровне используются переливные бетонные плотины

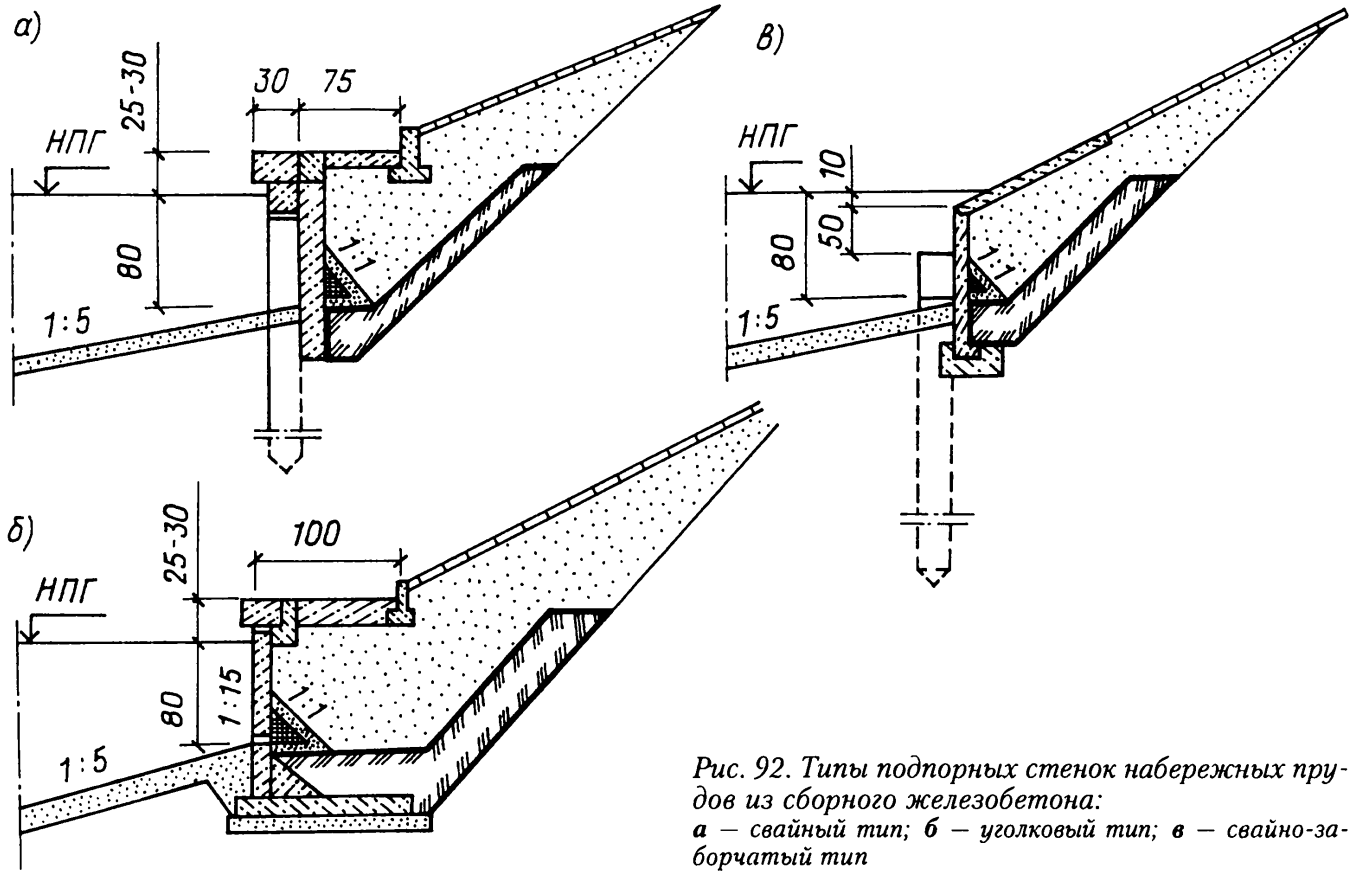



*Рис. 92. Типы подпорных стенок набережных прудов из сборного железобетона:*
***а** — свайный тип; **б** — уголковый тип; **в** — свайно-заборчатый тип*

или водоперепускные сооружения, которые сбрасывают излишние воды при превышении уровня запроектированной отметки. Водосливные сооружения также обеспечивают сохранение отметки зеркала воды на заданном уровне и могут служить для полного опорожнения чаши водоема при ее чистке от ила и грязи.

Пруды-копани могут создаваться при любом, в том числе и плоском рельефе, и обычно устраиваются в зонах отдыха и парках. Они заполняются водой из водотоков или других водоемов и в некоторых случаях из городской водосточной сети или водами поверхностного стока. Сброс воды при водообмене или при опорожнении производится в городскую водосточную систему.

К искусственным городским водоемам относятся и открытые бассейны, которые по своему назначению подразделяются на бассейны для купания, учебные, спортивные, лечебно-оздоровительные и др. По размерам бассейны бывают малые и большие в зависимости от размеров ванны, по характеру эксплуатации они подразделяются на бассейны для массового пользования, для спортсменов, для прыжков в воду и т.д.

Летние или открытые бассейны используются сезонно, кроме южных районов, где они могут функционировать круглогодично. В настоящее время для максимального использования бассейнов осуществляется искусственный подогрев воды. Бассейны с искусственным подогревом воды могут работать круглый год.

Летние бассейны располагаются на отдельных участках, размещаемых в парках или в спортивных центрах. Эти участки защищаются зелеными насаждениями шириной не менее 10 м от ветра и пыли. На участке помимо бассейна располагаются вспомогательные сооружения и зона отдыха.

Детские плескательные бассейны устраиваются в микрорайонах, детских парках, городках и лагерях, а также они могут располагаться на территории пляжей и бассейнов для взрослых. Функционируют плескательные бассейны в летний период и служат для игр детей (3—10 лет) на воде. Форма их в плане может быть самой разнообразной, но чаще всего — круглой. Площадь водной поверхности плескательного бассейна принимается не менее 50 м$^2$, глубина — 10—40 см. Вокруг бассейна перед входом в него устраивается водная ножная дорожка шириной около 1 м и глубиной 8—10 см. Резервуар или чаша бассейна проектируется с уклоном дна к середине или к одной из сторон не менее 0,005 и не более 0,01. Плескательные бассейны располагаются на просторной площадке, защищенной от ветра зелеными насаждениями, обеспеченной нормативной инсоляцией. Температура воды в нем должна быть не менее 20 °С. При наличии теплофикации вода может подогреваться. Водообмен осуществляется из местных источников водоснабжения. Вода подается в центр бассейна или со стороны мелкой части. Сброс воды производится через специальные сливы или переливы в водосточную или канализационную систему.

Конструктивно резервуар бассейна выполняется из монолитного или сборного бетона. В настоящее время используются пластмассовые бассейны, что значительно упрощает и удешевляет их устройство. Внутренняя поверхность его должна быть нескользкой, а грани — закругленными.

Декоративные бассейны находят применение во многих городах. Они устраиваются на территориях общественных центров, парков, бульваров и пр. Помимо улучшения микроклиматических условий в городах с жарким климатом их устраивают в тех случаях, когда архитектурное решение требует создания эффекта отражения. Это могут быть здания, обелиски, памятники, зеленые насаждения и пр.

Как правило, глубина декоративных бассейнов незначительна, их стенки и дно могут украшаться декоративным рисунком с применением цветных бетонов, мозаики, керамики. Для создания большего зрительного восприятия в вечернее время декоративные бассейны подсвечиваются различными источниками света.

Горизонт воды в этих бассейнах рекомендуется располагать на одних отмет-

ках с территорией, хотя по архитектурным соображениям он может быть и выше, и ниже уровня земли. Ввиду того, что для декоративных бассейнов нет жестких санитарных требований к качеству воды и водообмену, скажем таких, как для бассейнов, предназначенных для купания, то заполнение их водой может производиться из местных естественных источников.

### *12.3. Благоустройство пляжей*

**Устройство пляжей.** Водоемы в сочетании с зелеными насаждениями — одно из основные мест отдыха населения городов. В связи с тем, что купание, солнечные ванны, катание на лодках и прогулки у водоемов — наиболее привлекательные виды массового отдыха, следует со всей внимательностью относиться к планировочному решению и инженерному благоустройству прибрежной полосы, в частности при устройстве пляжей.

Территории пляжей выбираются вне зоны санитарной охраны источников водоснабжения и вдали от участков возможного загрязнения воды. При устройстве пляжей на реках придается большое внимание скорости течения воды, которая не должна превышать 1 м/с. Глубина воды на участках, используемых для купания, должна быть не более 2 м, причем водная акватория имеет две зоны: для неумеющих плавать — с глубиной до 1,2 и для умеющих плавать — глубиной до 2 м.

Дно водоема должно быть пологим, его уклон не должен превышать 0,03. Причем при более пологом дне (уклон 0,013) ширина водной полосы, используемой для купания, будет примерно 150 м. При бóльшем уклоне она сокращается до 50 м. Расчетная площадь пляжа на одного отдыхающего принимается 4—5 м$^2$, водной поверхности —5—6 м$^2$. Граница водного зеркала, предназначенного для купания, ограничивается буями. Поперечный профиль пляжа представлен на рис. 93.

Необходимую площадь пляжа можно определить по формуле

$$F = aNHk \qquad (14)$$

где $F$ — общая площадь пляжа, м$^2$; $N$ — численность населения города, тяготеющего к данному пляжу, чел; $H$ — норма площади пляжа на одного отдыхающего, м$^2$/чел; $k$ — коэффициент, учитывающий неодновременность и продолжительность посещения пляжа, $k$ = 1—0,4 (чем ближе жилая застройка размещается по отношению к пляжу, тем меньшее значение данного коэффициента принимается вследствие увеличения смены отдыхающих в течение дня); $a$ — коэффициент максимального суточного посещения пляжа населением города в выходной летний день (0,15—0,2), корректируемый по местным условиям. По необходимости площади пляжа, зная по местным условиям его протяженность или ширину, определяются ширина или длина пляжа.

На территории пляжа следует предусматривать три планировочные зоны, различные по функциональному назначению: пляжная, активного отдыха и тихого отдыха. Пляжная зона — открытое про-

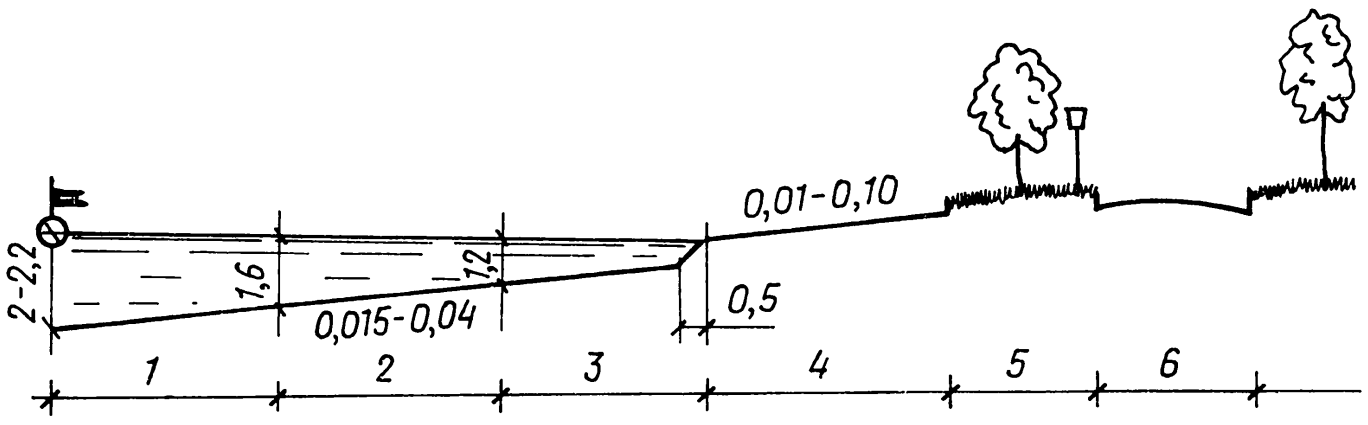



*Рис. 93. Поперечный профиль пляжа:*
*1 — зона плавания; 2 — зона для неумеющих плавать; 3 — детская зона (естественный прогрев воды) или зона погружения; 4 — пляж; 5 — защитная полоса (минимум 6 м); 6 —аллея (3,5—7 м)*

странство шириной до 30—40 м предназначается для принятия солнечных ванн и располагается непосредственно у уреза воды. Эта зона имеет наибольшую плотность заполнения. В зоне активного отдыха, располагаемой за пляжем, размещаются участки и площадки для волейбола, баскетбола, настольного тенниса, бадминтона и др. Ширина этой зоны может колебаться в значительных пределах — от 15 до 40—50 м в зависимости от наличия свободной территории и общего планировочного решения береговой полосы. Как правило, она имеет меньшую плотность заполнения, чем предыдущая. Зона тихого отдыха предназначается для прогулок и отдыха в тени, среди зеленых насаждений. Она оборудуется площадками для отдыха, беседками, прогулочными дорожками.

Такое планировочное решение территории пляжа следует считать наиболее целесообразным, однако оно не всегда возможно. Большое влияние на планировку пляжа оказывают местные условия, в первую очередь рельеф и площадь береговой полосы, наличие зеленых насаждений и пр. Наиболее сложно этого достигнуть на морских пляжах с крутыми берегами.

Пляжи бывают травяные, песчаные, галечные. Участок пляжа должен быть ровным, с уклоном к воде в пределах 0,01—0,03. В случае неблагоприятных для пляжа грунтов может устраиваться искусственное покрытие из привозного материала.

На пляжах должны размещаться оборудование для создания тени (зонты, навесы), гардеробы и кабины для переодевания, души, скамьи и лежаки, туалеты, места для сбора мусора и пр. Вдоль пляжной полосы следует прокладывать распределительную аллею, отделенную от пляжа полосой зеленых насаждений и соединенную с ним проходами. Ширина аллеи определяется в зависимости от посещаемости пляжа, но не менее 6 м. Данная аллея служит также для защиты пляжа от загрязненного стока поверхностных вод, поступающих к нему с более высоких территорий береговой полосы.

При организации пляжа следует устраивать специальные пляжи для детей с водной поверхностью, которая должна иметь меньшую глубину. Детские пляжи можно устраивать с отдельным замкнутым водоемом, соединенным для обмена воды с основным, или огораживая участок водной поверхности. На детских пляжах должны устраиваться навесы, горки для скатывания в воду и другое оборудование.

**Защита пляжей.** В связи с эрозией берега вследствие течения воды и волнового воздействия достаточно часто происходит разрушение, размыв пляжей. В борьбе с разрушением применяются специальные инженерные сооружения — струенаправляющие дамбы, буны, волноломы, которые не только препятствуют уносу частиц пляжа, но и задерживают наносы.

Буны и волноломы служат для защиты пляжей от размыва и увеличения его площади в сторону водоема. **Буны** — один из самых распространенных видов крепления морских берегов получили широкое применение на Черноморском побережье Кавказа (рис. 94). Они явля-



*Рис. 94. Крепление морского берега бунами*

ются эффективным средством защиты существующих пляжей и их расширения при наличии достаточного потока наносов, мигрирующих вдоль берега. Длина бун зависит в первую очередь от материала дна, например на галечных побережьях она составляет 30—35 м. Расстояние между бунами зависит от их длины и для галечных берегов принимается обычно 1,25—1,5 длины бун. Для песчаных пологих берегов длина бун значительно большая, а расстояние между ними принимается равным длине.

**Волноломы** служат для разбивания на их гребне подходящих к берегу волн, а также для накопления наносов между волноломами и берегом, т.е. для сохранения, образования и расширения пляжей. Обычно используются затопленные волноломы с отметкой гребня на глубине 0,3—0,5 м от низкого горизонта воды. Берегозащитные волноломы обычно располагаются на расстоянии 30—40 м от берега (у приглубинных галечных берегов) до 70—100 м и более (на отмелых песчаных берегах) на глубинах 2,5—4 м и 2—3 м соответственно.

### *12.4. Обводнение и орошение городских территорий*

**Фонтаны.** В задачи внешнего благоустройства городской территории входят создание здоровой среды, близкой к природной, обеспечение условий для полноценного отдыха и нормальной работы. Важный элемент внешнего благоустройства — обводнение и орошение городских территорий, т.е. активное включение воды и водных устройств для улучшения микроклимата, обеспечения нормального произрастания зеленых насаждений, создания индивидуального архитектурно-планировочного решения жилых районов и населенных мест в целом. Особенно важно орошение в городах с жарким, сухим климатом. Для жизни растений необходимы хорошая почва, солнечное тепло и свет, а также достаточное количество влаги в почве. В засушливых районах количество выпадающих на поверхность почвы осадков может оказаться недостаточным для зеленых насаждений как по общему слою среднегодовых осадков, так и по неравномерности их выпадения в вегетационный период роста растений. В первом случае наблюдается постоянный недостаток влаги, во втором — периодический. При количестве осадков менее 250 мм в год необходимо искусственное увлажнение почвы. Потребность в воде удовлетворяется с помощью орошения городских территорий. Таким образом под орошением понимается искусственное увлажнение почвы при постоянном или периодическом недостатке влаги.

Орошение применялось с древних времен в Египте, Китае и Средней Азии. Известны оросительные системы Испании, Франции, Италии и других стран. Орошение территорий распространено в районах Средней Азии, Нижнего Поволжья и в других местах.

В городах искусственно увлажняются территории зеленых насаждений — парки, сады, бульвары и т.д. Для произрастания зеленых насаждений необходима определенная среда, которая создается режимом орошения, зависящим от климата, почв и пород зелени. Режим орошения — это совокупность сроков и норм полива. Таким образом, режим орошения определяет сроки полива и количество воды, расходуемой на один полив.

Орошение, создавая благоприятный режим влажности воздуха и почвы, является одним из важнейших гигиенических условий микроклимата городских жилых районов. Объем воды, необходимый для орошения, — основа для расчета всей оросительной системы. При этом потребность в воде определяется с учетом потерь на испарение и инфильтрацию. Устанавливаются поливная и оросительная нормы. Поливная норма (норма полива) — количество воды за один полив. Оросительная норма — общий объем воды за сезон ($м^3$/га). Минимальная оросительная норма — 2000—3000 $м^3$/га, число поливов около 6 за сезон.

При проектировании оросительной системы определяются источник питания системы, способы забора и транспортирования воды к орошаемой террито-

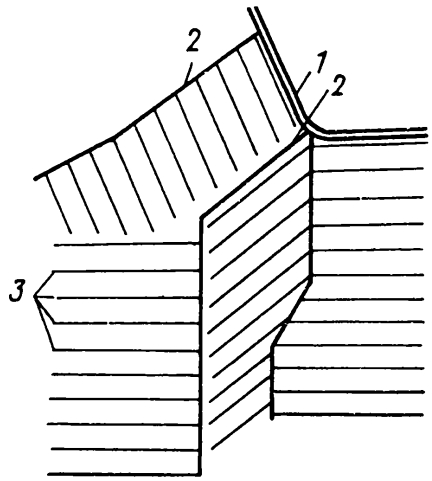



*Рис. 95. Схема оросительной системы:*
*1 — магистральный канал; 2 — распределительный канал; 3 — оросительный канал*

рии, распределение воды по территории, выбор системы орошения (полива). Орошение осуществляется постоянно действующей оросительной системой, состоящей из магистрального канала, распределительных и оросительных каналов (рис. 95).

Для создания системы орошения необходимо в первую очередь наличие источника питания, имеющего достаточный запас воды, которым могут быть реки, водохранилища, естественные и искусственные водоемы, артезианские воды. Вода от источников питания в систему орошения может подаваться самотеком или путем искусственного подъема ее до верховой отметки магистрального канала, что зависит от высотного расположения городской территории по отношению к источнику забора воды. Дальнейшее движение воды по магистральному каналу должно осуществляться самотеком. Возможны три варианта забора воды из реки и подачи ее в магистральный канал: непосредственно из реки; при создании на реке искусственного подпора устройством плотины; при помощи насосной станции и напорного трубопровода (рис. 96).

Сеть магистральных и распределительных каналов располагают на господствующих отметках по отношению к орошаемой территории, чтобы создать благоприятные условия для подачи воды самотеком. Для отвода поверхностных вод с городской территории, а также неис-

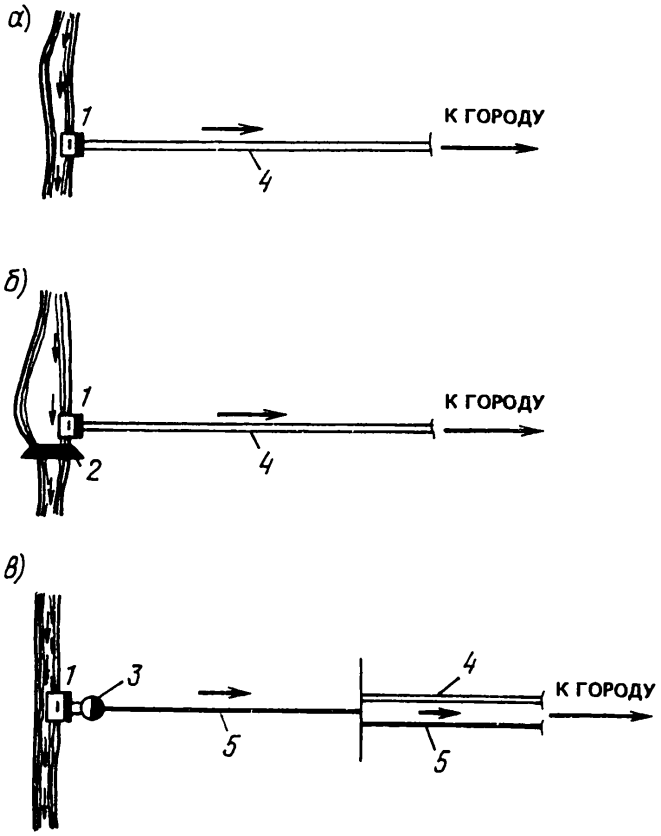



*Рис. 96. Схема забора и подачи воды для орошения:*
***а** — непосредственно из реки; **б** — при устройстве плотин; **в** — при использовании насосной станции; **1** — водозабор; **2** — плотина; **3** — насосная станциям; **4** —открытый магистральный канал; **5** — напорный трубопровод*

пользованных вод, поступающих из сети орошения, устраивают ливневую или водоотводящую систему, которую прокладывают по самым низким отметкам поверхности.

Оросительные системы могут быть самотечные и напорные. Самотечные системы — открытая сеть, состоящая из открытого магистрального канала и распределительных каналов (арыков). Напорная система состоит из трубопроводов и представляет собой закрытую сеть.

В состав открытой системы входят: источник питания, магистральный канал (от источника до города), распределительная сеть на улицах, поливочная (оросительная) сеть, водоотводящая сеть. Часто в населенных местах для орошения территории используется канальная система оросителей, называемых арыками. Арыки прокладываются по улицам и предназначаются для разлива воды по

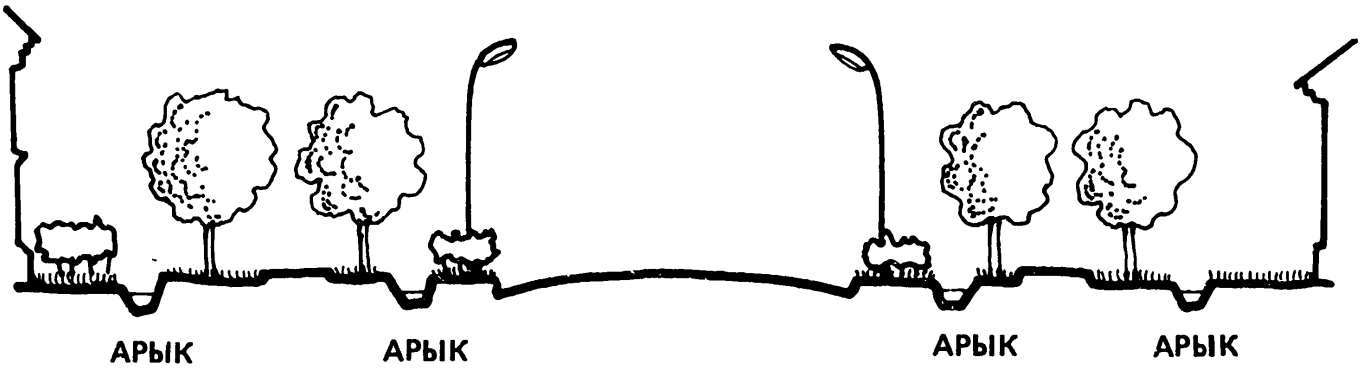



*Рис. 97. Размещение арыков в поперечном профиле улицы*

лункам деревьев или для сплошного залива (рис. 97).

Арычное орошение (открытая сеть) имеет ряд недостатков. При арыках увеличивается ширина улиц, создаются неблагоприятные условия для движения пешеходов и транспорта. На перекрестках и на въездах в кварталы и микрорайоны необходимо устройство переездных мостиков или труб. Кроме того, канавы загрязняются, требуют регулярного эксплуатационного надзора. Санитарное состояние открытых канав не всегда удовлетворительно.

Продольные уклоны каналов принимаются по вертикальной планировке улиц, но не менее 0,002. Открытые каналы в зависимости от грунтов прокладываются на расстоянии от 3 до 10 м от здания. Поперечное сечение каналов обычно трапецеидальной или прямоугольной формы. Арычной сети сопутствует водоотводящая сеть, предназначенная для опорожнения каналов при ремонте и на зимний период.

При закрытой сети трубопроводы прокладываются на глубине не менее 0,6 м от спланированной поверхности с минимальным уклоном 0,001—0,002 к спусковым кранам. По трассе трубопровода через 50 м устанавливаются поливочные краны. Полив производится с помощью шлангов или дождевых устройств. Площадь территории, поливаемая из одной точки, составляет 0,4 га. При использовании дождевальных устройств (разбрызгивателей) поливочные нормы сокращаются. Может применяться также подпочвенное орошение, при этом трубы, прокладываемые в грунте с глубиной заложения 0,5 м, имеют перфорацию или неплотные стыки, через которые и происходит орошение. Нормы полива уменьшаются за счет снижения испарения воды с поверхности почвенного слоя, не ухудшается внешний вид территории и отсутствуют помехи для движения пешеходов. Подпочвенное орошение следует применять в парках и садах при отсутствии засоленности почвы.

Одним из элементов обводнения города и его общего благоустройства следует считать фонтаны, украшающие городские площади, парки, сады и другие территории города. Фонтаны имеют не только декоративное значение, но и улучшают микроклиматические условия в районе их воздействия, охлаждая и орошая воздух, вносят разнообразие в пейзаж. Фонтаны в сочетании с зелеными насаждениями способствуют общему улучшению городской среды.

Отечественная практика устройства фонтанов весьма многообразна и интересна. Достаточно вспомнить о таком уникальном ансамбле, как фонтаны Петродворца. Это крупнейшее сооружение мирового значения, включающее фонтаны самых различных типов. Широкой известностью пользуются фонтанные устройства в Ереване, Сочи, Навои, Пятигорске и др.

В зависимости от архитектурного решения и композиции водных струй фонтаны могут быть самых разнообразных типов.

На городских площадях, перед общественными зданиями, среди обширных

цветников и партеров городских парков устраиваются монументальные фонтаны с использованием архитектурных элементов, с мощным выбросом воды, богатой скульптурой, что делает их выразительными не только летом, но и в холодное время года. В жилых микрорайонах, садах используются фонтаны небольших размеров, простой и лаконичной формы. Они располагаются свободно, среди деревьев, газона или площадки.

Применяются и такие виды простых по устройству фонтанов, в которых вода используется в виде завес или тонкой пленки. Фонтан подобного типа состоит из горизонтальной металлической или пластмассовой пластины, расположенной на опоре из трубки, по которой подается вода, стекающая тонкой пленкой по периметру пластины, образуя завесу.

Расход воды фонтана зависит от местных условий, его назначения и места расположения. Этот расход колеблется в широких пределах, от 1—2 л/с для малых фонтанов до 150 л/с и более для крупных. Совершенно естественно, что фонтаны с большим расходом воды следует сооружать в тех местах, где есть доступные естественные источники воды. Мощность фонтанов по расходу воды определяется в каждом конкретном случае исходя из градостроительных условий. На территориях зеленых насаждений следует размещать фонтаны с расходом воды до 50—60 л/с.

Водоснабжение фонтанов может осуществляться различными способами. В основном вода для фонтанирования подается при помощи насосов, от которых зависит и высота струй. Может использоваться вода из местных источников и из водопроводной сети. Сброс воды после фонтанирования осуществляется в городскую водосточную систему, в водоем (при устройстве фонтана в водоеме) или в подземный резервуар, из которых производится питание фонтана.

Использование в фонтанах специального подземного резервуара с водой обеспечивает оборотное водоснабжение или рециркуляцию воды, что следует признать наиболее целесообразным. При этом в резервуар необходимо добавлять объем воды, затрачиваемый на ветровой унос (0,5—2 % суточного расхода) и на испарение (0,5—1 % суточного расхода воды). В этом случае для обеспечения нормальной работы насоса необходимо поддерживать постоянный баланс воды.

Для уменьшения расхода воды на ветровой унос следует так проектировать диаметр чаши фонтана, чтобы снос капель происходил в его пределах. Унос капель диаметром около 0,5 мм имеет место при скорости ветра более 2 м/с, а при диаметрах около 3 мм — при скорости ветра 7 м/с и более. Для опорожнения чаши фонтана на зимний период ее дно проектируется таким образом, чтобы имело уклон не менее 0,005 к месту выпуска воды.

# Глава 13. Малые архитектурные формы и освещение

## *13.1. Малые архитектурные формы*

Любой, даже очень красивый город выглядит неуютным, а в вечернее и ночное время мертвым без киосков, ярких афиш, витрин, дорожных знаков, беседок, оград, скамеек, различных осветительных установок, указателей, без всего того, что входит в понятие малые архитектурные формы и освещение.

Как важный элемент благоустройства городов малые архитектурные формы и освещение при умелом их использовании позволяют существенно обогатить архитектурно-эстетический облик города даже при сравнительно ограниченных возможностях современной типовой застройки. Выразительные формы, функционально оправданное и тактичное размещение по территории города разнообразных элементов малой архитектуры, включая и осветительные мачты, создают не только удобства для населения, но придают особый колорит отдельным частям города, подчеркивая их функции в городе — столичные, тор-

говые, жилые, рекреационные, транспортные и др.

Малые архитектурные формы, пожалуй, более других элементов благоустройства должны соответствовать своему окружению — архитектуре жилых, общественных и производственных зданий, характеру зеленых насаждений, масштабу водных пространств, рисунку искусственных покрытий и т.д. Вместе с тем эти формы почти всегда многофункциональны и свою основную функцию они должны безукоризненно выполнять и как инженерное сооружение. Разнообразие малых архитектурных форм велико, и это одна из главных причин, осложняющих проектирование и осуществление всей их системы как единого целого и в функциональном, и в архитектурно-планировочном отношениях. Решение задачи создания единой системы малых архитектурных форм в городе (которые, разумеется, могут быть весьма разнообразными по их архитектурно-художественному облику) по силам лишь архитектору-градостроителю широкого профиля.

Под малыми архитектурными формами обычно понимают небольшие искусственные сооружения и устройства, а также природные объекты, используемые для организации открытых пространств.

В отличие от произведений монументально-декоративного искусства малые архитектурные формы рассчитаны на ближний план восприятия и функционально подразделяются на декоративные (различные скульптуры, вазы, фонтаны, декоративные бассейны и др.) и утилитарные (торговые киоски, подпорные стенки, беседки, лестницы, скамейки и т.д.). Помимо разделения малых архитектурных форм по функциональному признаку они могут быть дифференцированы исходя из их принадлежности к тому или иному типу природного или городского ландшафта.

**Функциональные разновидности малых архитектурных форм.** Важное значение в благоустройстве территории со сложным рельефом имеют подпорные стенки. Лучше всего их выполнять из экономических, а также из эстетических

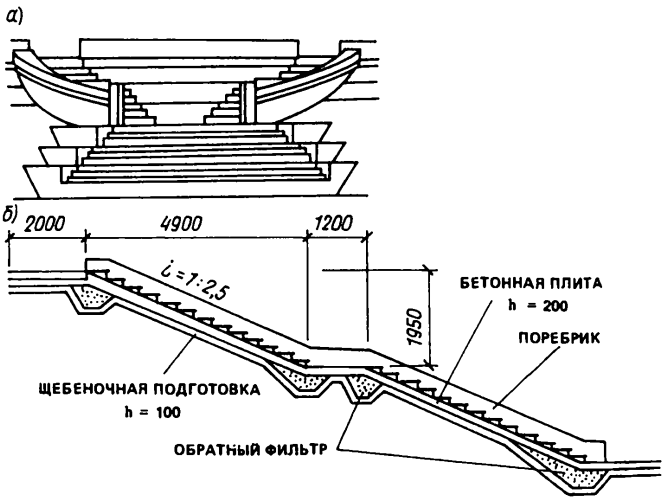



*Рис. 98. Открытая лестница:*
***а** – фасад; **б** – разрез*

соображений. Высоту подпорных стенок следует принимать от 0,5 до 3 м. По конструктивным особенностям можно выделить несколько типов подпорных стен — гравитационные, массивные, в виде ростверка на свайном основании, тонкие подпорные стенки и др. Более подробно о подпорных стенках как о конструктивных элементах городского благоустройства сказано в главе 12.

Весьма широко распространены открытые лестницы. Лестницы обычно имеют дренирующий слой, выравнивающий слой и плиту оснований, по которой укладывают ступени и выполняют промежуточные площадки. Поребрик и ограждения могут отсутствовать (рис. 98). Ступени имеют стандартные размеры, различающиеся от размеров ступеней лестниц в закрытых помещениях. Профиль ступеней должен соответствовать отношениям высот и заложений откосов, чаще всего 1:2; 1:2,5 и 1:3. Как исключение в малопосещаемых местах откосы могут иметь соответствующее отношение 1:1,5. Поэтому и размеры поперечных сечений принимают 15×30; 12×30, 13×40, а длину их 1 и 1,5 м. Общая ширина лестниц обычно набирается из этих двух типов. При этом швы между соседними ступенями совпадать не должны. Помимо сборных ступеней для сооружения лестниц используют и монолитные конструкции. Кроме бетона и железобетона лестницы строят из камня, глинобетона, кирпича, металла и других материалов.

Повсеместное распространение как малая архитектурная форма получила скамья. Она предназначена для кратковременного отдыха и обычно устанавливается среди зеленых насаждений, нередко по пути следования значительных масс пешеходов. Для кратковременного отдыха на пешеходных путях устраивают скамейки без спинок, для более длительного отдыха — садовые диваны — скамьи со спинками или качающиеся скамьи. Скамьи бывают переносные на деревянных опорах и с рамой из стальных сварных труб, а также стационарные на железобетонных опорах, с деревянными сиденьями и спинками. В природном окружении весьма уместны скамьи из бревен, пней или садовые диваны, украшенные резьбой. В последнее время все чаще устраивают скамьи из различных пластмасс, сочетающих легкость, гигиеничность и разнообразный колорит.

Различные виды беседок, пергол изготовляют из легких ограждающих декоративных конструкций. Применение в строительстве пластмасс, железобетона, стекла и других материалов обеспечило разнообразие беседок по силуэтам и размерам, по конфигурации в плане.

Торшерные светильники (мачтовые и напольные) — осветительные приборы на открытой территории. Высота от дневной поверхности до светильника 1,8—4,5 м. Светильник может состоять как из одного, так и нескольких фонарей. Стойки фонарей могут иметь любые форму и профиль и одновременно служить каналом для электропроводки.

Городская скульптура, имеющая несколько разновидностей (аллегорическая, символическая и жанровая скульптура), достаточно распространена. Аллегорическая скульптура выражает идею в иносказательной форме, символическая — идею и чувства в виде символов, жанровая скульптура — характерные сцены из жизни и быта и широко применяется, особенно в жилых районах.

Декоративные фонтаны как малые архитектурные формы образуют две разновидности — струйные и скульптурные. Струйные фонтаны характеризуются игрой водяных струй, создающих декоративный эффект. Скульптурные фонтаны подразделяются на объемные, фоновые и пристенные. Все большее распространение получают свето- и цветомузыкальные струйные фонтаны, в которых подача воды синхронизируется с музыкальным озвучиванием и сменой подсвета водяных струй.

Особый вид малых архитектурных форм — их природные разновидности. При этом наиболее существенны зеленая скульптура (пластическая обработка древесных штамбов, природные фантазии), различные геопластические формы (земляная скульптура), снежные и ледяные композиции, зеленые беседки, цветники и т.д.

**Малые архитектурные формы в ландшафтной среде.** По месту малых архитектурных форм в конкретном ландшафтном окружении их можно условно разделить на городские, производственные, сельские, парковые, исторические, которые различаются масштабностью, тематикой, характером инженерных решений, применяемыми строительными материалами.

**Городские** малые архитектурные формы по размерам обычно бывают больше других, поскольку пространства, которые они наполняют, более масштабны, чем парки, сельские населенные пункты, промышленные предприятия. Наиболее внушительны при этом архитектурные объемы, предназначенные для городских центров, более скромны малые формы жилых микрорайонов. Тематика городских малых архитектурных форм соответствует многообразию и сложности хозяйства города. Это прежде всего различные фонтаны в городских центрах, решетки оград и парапетов, разнообразные мощения дорог и тротуаров, их детали — крышки люков, решетки колодцев ливнестоков, бортовые камни и т.д., подпорные стенки набережных, лестницы и сходы, светильники, павильоны на остановках городского транспорта, торговые киоски, устройства для таксофонов, скамьи и другое оборудование мест отдыха в жилых микрорайонах и кварталах, дет-

ские игровые площадки, аттракционы, световая реклама, информационные указатели, питьевые фонтанчики, номерные знаки домов и т.д.

Городские малые архитектурные формы выполняются из различных материалов, чаще всего из бетона и железобетона, стекла, естественного камня, кирпича, керамики и др.

**Сельские** малые архитектурные формы в отличие от городских более скромны по размерам. Тематика сельских форм соответствует специфике благоустройства малых поселений. Чаще всего это мостики через кюветы и ручьи, колонки, колодцы, скамьи, ограды, информационные стенды и доски почета, различные указатели, деревянная скульптура, светильники, беседки, композиции из цветочных вазонов, зеленые беседки, земляная скульптура, гнезда птиц и др. Строительные материалы, применяемые для устройства сельских архитектурных форм, отражают материальную среду населенного пункта и его связь с природным окружением (дерево, валунный камень, черепица, глина и др.).

**Производственные** малые архитектурные формы наиболее часто устанавливаются в предзаводской зоне, зонах послеобеденного отдыха, у вспомогательных сооружений. На размеры производственных малых архитектурных форм оказывает влияние нехватка свободных участков в производственных зонах, что обусловливает объединение нескольких малых форм в одну композицию (например, светильники-торшеры соединяются с информационными указателями; подпорные стенки — с элементами наглядной агитации, эмблемами производства и т.д.). Наиболее часто для производственных малых архитектурных форм применяют металлы, железобетон, кирпич, растительные материалы. Тематика таких форм также весьма специфична — это композиции из панелей, досок, стенды, витрины объявлений, информационные указатели, ограды, ворота, павильоны проходных, автостоянки, светильники и др.

**Парковые** малые архитектурные формы несут в себе идею слияния с природой — торшеры в виде деревянных скульптур, подпорные стенки в виде скальных уступов, одернованные земляные ступени, ступени из плитняка. Для их изготовления используются природные материалы. Так, стрижкой растений формируют целые сооружения, что заменяет камень, дерево и кирпич; стены, арки, зеленые беседки. Лучший материал для формирования зеленых малых архитектурных форм — ель, туя, можжевельник, лиственница, вяз, клен, липа, граб, бук, боярышник, кизильник, акация и другие породы деревьев и кустарников. Из современных строительных материалов применяются пластмассы, алюминий, искусственный литой камень, профилированное стекло, пневматические формы и т.д.

**Исторические** малые архитектурные формы содержат в себе элементы всех рассмотренных выше ландшафтных сред и тем не менее олицетворяют прежде всего культуру прошлых эпох. Поэтому проектирование исторических форм означает их восстановление, поддержание и охрану на основе документальных данных. Большое значение при этом имеет правильное применение строительных материалов, используя лишь те, которые были применены в подлинных конструкциях.

### *13.2. Освещение улиц и дорог*

Освещение в городах — единственное средство не только для обеспечения нормального светового режима, но и для выявления архитектурных достоинств застройки в темное время суток. Вместе с тем освещение — могучее средство пропаганды, информации, рекламы. Светотехника, как правило, решает инженерно-технические аспекты городского освещения, обеспечивает его конструктивную сторону. Выявить «световые» доминанты, решить смысловую и колористическую сторону освещения, т.е. разработать стратегию освещения города и выдать необходимую исходную информацию инженерам-светотехникам для конструирования осветительных систем — также важная задача архитектора-градостроителя.

Освещение городских территорий в вечернее и ночное время — одна из важных задач инженерного благоустройства. Освещение города осуществляется правильным подбором искусственных источников света, помещенных в определенных местах и на определенной высоте с соответствующим расстоянием между ними.

По назначению различают следующие виды постоянных городских осветительных установок: для уличного освещения, освещения территорий микрорайонов, освещения спортивных сооружений, освещения территорий зеленых насаждений, декоративного освещения водоемов и фонтанов, освещения архитектурных ансамблей и отдельных объектов, рекламного освещения, световых сигналов. Помимо постоянно действующих источников света в городах применяется временно действующее «иллюминационное освещение для светового оформления в праздничные дни.

Искусственное освещение характеризуется освещенностью и яркостью освещенных поверхностей. Под **освещенностью** понимается отношение светового потока к площади освещаемой поверхности, измеряемое в люксах (лк). Единиц освещенности — это освещенность поверхности площадью 1 м$^3$ световым потоком 1 люмен (лм). В светотехнических расчетах определяется средняя освещенность, т.е. среднее арифметическое значение освещенности, которое определяется для участка дорожного покрытия, ограниченного шагом светильников.

Зрительное восприятие в основном определяется средней **яркостью** покрытий проезжей части улиц, дорог и площадей. Единицей яркости является кандела (кд) на 1 м$^2$ (кд/м$^2$), что характеризует яркость равномерно светящейся поверхности площадью 1 м$^3$ в перпендикулярном к ней направлении при силе света 1 кандела. Средняя яркость определяется для участка дорожного покрытия, расположенного на расстоянии от 60 до 160 м от наблюдателя при высоте его глаз 1,5 м от уровня покрытия.

Освещение городских улиц, дорог, площадей должно обеспечивать безопасность и удобство движения транспорта и пешеходов. Требования, предъявляемые к системе освещения, зависят от назначения улицы и интенсивности движения по ней в вечерние часы. Средняя горизонтальная освещенность улиц и площадей должна быть равномерной, без резких переходов от светлых (освещенных) пятен на покрытии к темным. Необходимо, чтобы покрытие улицы при различном ее состоянии и при любых переменах погоды казалось водителю освещенным с одинаковой яркостью. При проектировании освещения и светотехнических расчетах необходимо учитывать светоотражательные свойства уличных покрытий, так как видимость при уличном освещении зависит в известной мере от яркости поверхности покрытий. В городах, поселках и других населенных местах все улицы, как правило, должны иметь искусственное освещение. Уровень освещения улиц и дорог в первую очередь зависит от интенсивности и скорости движения транспорта, что определяется категорией улиц и типом населенных мест.

Для уличного освещения в качестве источников света применяются лампы накаливания и газоразрядные лампы — люминесцентные и ртутные (ДРЛ).

Освещенность улиц принимается с учетом обеспечения яркости покрытий проезжих частей в зависимости от их принадлежности к перечисленной категории и численности населения в городе. Как отмечалось, важное значение имеет равномерность освещения улиц, поскольку при переходе от светлых участков к темным видимость и различимость предметов на них резко снижаются. В случае невозможности обеспечения равномерного освещения улиц и дорог ярче освещают наиболее опасные для движения участки — пешеходные переходы, кривые малых радиусов, крутые уклоны и др. Яркость поверхности покрытий тротуаров следует принимать в интервале 0,2—1 кд/м$^2$ для жилых улиц и магистралей общегородского значения соответственно.

Минимальную освещенность тротуаров, проезжих частей микрорайонных

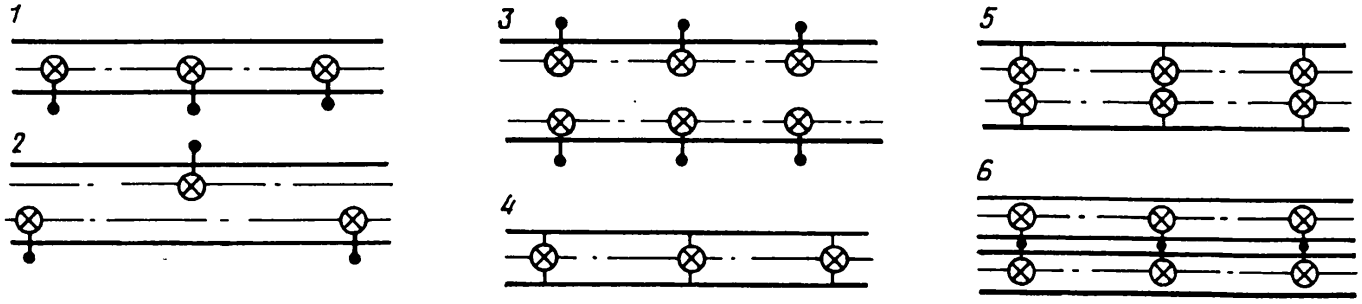



*Рис. 99. Схемы расположения светильников на улицах:*
*1 — односторонняя; 2 — двухрядная в шахматном порядке; 3 — двухрядная прямоугольная; 4 — осевая; 5 — двухрядная прямоугольная по осям движения; 6 — двухрядная прямоугольная по оси улицы*

проездов и улиц с малоэтажной застройкой рекомендуется принимать 0,2—0,5 лк. В городах с населением более 100 тыс. человек на улицах категорий А и Б минимальная освещенность тротуаров принимается 0,5—1 лк и на главных улицах и площадях — 1—3 лк.

Светильники, как правило, размещаются на столбах или мачтах, реже — на тросах-растяжках. Схемы расположения светильников на улицах приведены на рис. 99. Одностороннее расположение светильников допускается при ширине проезжей части до 12 м. При ширине проезжей части до 24 м светильники могут располагаться в шахматном порядке. Схемы размещения светильников зависят также и от категории освещаемых улиц.

На перекрестках светильники устанавливаются на подходах к ним (рис. 100), а при подвеске на тросах — также по оси перекрестков. При освещении пешеходных переходов светильники рекомендуется размещать у дальней границы перехода по пути движения транспорта (рис. 101). На криволинейных участках улиц и дорог при одностороннем расположении светильников их следует размещать по наружной стороне кривой и в исключительных случаях по внутренней, с уменьшением шага светильников.

Для крепления светильников применяются железобетонные опоры, которые располагаются на расстоянии не менее 0,6 м от лицевой грани бортового камня до наружной поверхности ее цоколя. При отсутствии движения автобусов, троллейбусов и тяжелых грузовых автомашин на жилых улицах это расстояние допускается уменьшать до 0,3 м. На пере-

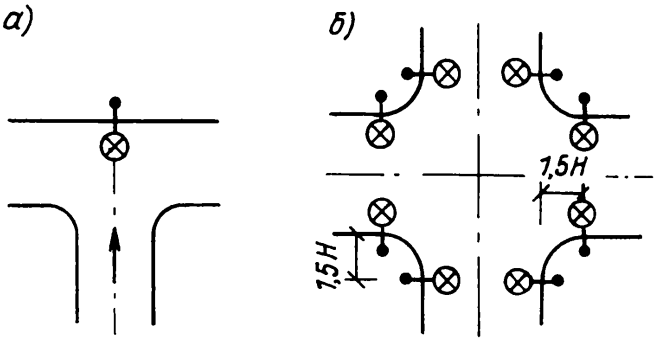



*Рис. 100. Схемы расположения светильников на пересечениях:*
*а — на примыкании; б — на перекрестке; Н — высота установки светильников*

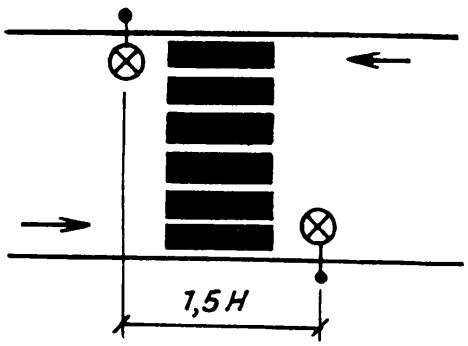



*Рис. 101. Схема расположения светильников на пешеходном переходе.*
*Н — высота светильника*

сечениях улиц и дорог опоры устанавливают до начала закругления тротуаров и на расстоянии не менее 1,5 м от различного рода въездов.

На аллеях и пешеходных дорогах опоры размещают вне пешеходной части дорожек — на газонах, в ряду с деревьями. Светильники на улицах и проездах с рядовой посадкой деревьев устанавливаются на удлиненных кронштейнах, обращенных в сторону проезжей части улицы, или для этих целей используется тросовый подвес светильников.

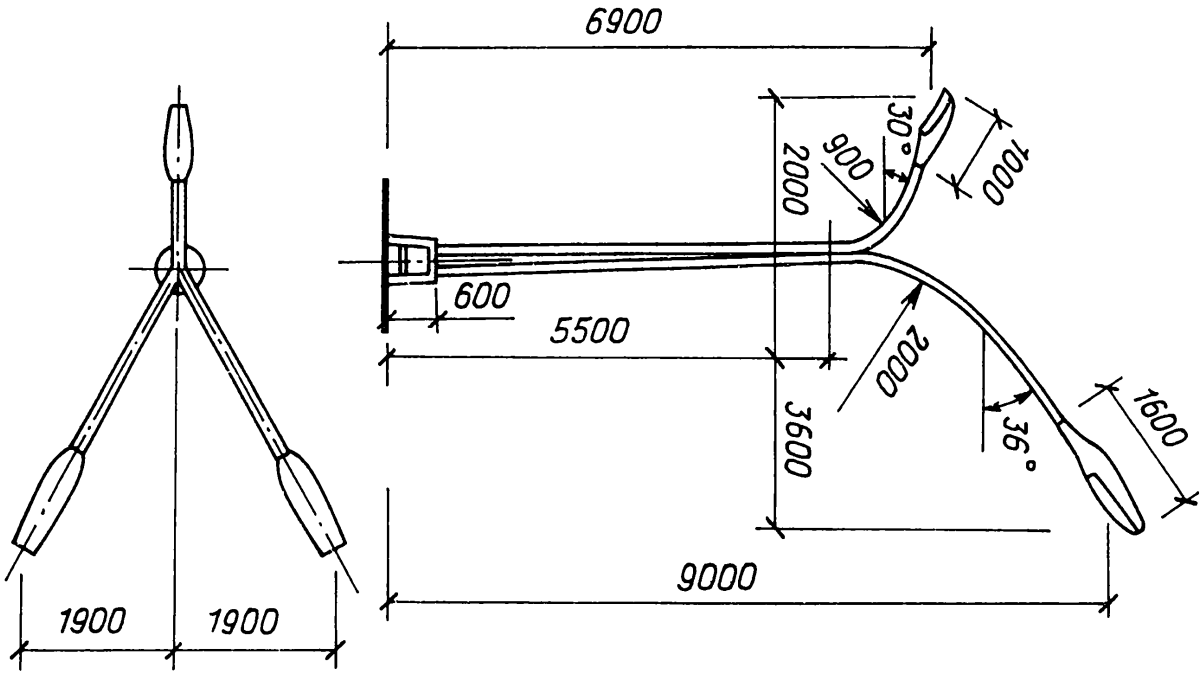



*Рис. 102. Фонарь для освещения тротуара и проезжей части улицы*

Отношение шага фонарей или отдельных светильников к высоте подвеса светильников на улицах всех категорий должно быть не более 5:1 при одностороннем, осевом или прямоугольном их размещении и не более 7:1 при шахматной схеме размещения.

Над проезжей частью улиц, дорог и площадей светильники размещаются на высоте от 6,5 до 13 м в зависимости от их типа и ширины проезжей части. Высоту подвески назначают по условиям распределения яркости на поверхности проезжих частей и ограничения ослепляемости. Чем ярче источник света, тем больше высота подвески. Соотношение расстояния между светильниками к высоте их подвески принимается, как правило, на улицах 4—6, на площадях 3—4.

Подвес светильников при их установке под контактной сетью трамвая должен быть на высоте не менее 8 м от уровня головок рельсов, а при расположении над контактной сетью троллейбуса — не менее 9 м от уровня проезжей части.

Тротуары могут освещаться светильниками, предназначенными для освещения проезжей части, или отдельно стоящими специальными фонарями. Достаточно широкое распространение в последнее время получили светильники, предназначенные для одновременного освещения тротуара и проезжей части улиц, причем в этом случае два кронштейна выносятся в сторону проезжей части и один в сторону тротуара (рис. 102). Высота установки светильника, освещающего тротуар, может быть ниже, чем высота светильников, освещающих проезжую часть.

### *13.3. Освещение межмагистральных территорий*

На межмагистральных территориях размещаются жилые районы и микрорайоны, зеленые насаждения (парки, сады, скверы), спортивные сооружения и пр. Все эти территории требуют искусственного освещения в темное время суток.

Территории микрорайонов в вечернее и ночное время освещаются для создания благоприятных условий передвижения жителей микрорайона, пользующихся тротуарами, пешеходными аллеями, внутримикрорайонным садом. Одновременно с этим обеспечивается безопасность движения автомобилей по внутримикрорайонным проездам. В первую очередь освещаются проезды к домам, школам, детским садам и яслям, магазинам, гаражам, а также пешеходные дорожки и аллеи, ведущие к учреждениям культур-

но-бытового обслуживания и к выходам из микрорайона. В обязательном порядке освещаются разворотные площадки и площадки для кратковременной стоянки автомобилей, микрорайонный сад.

Пешеходные дорожки и тротуары, расположенные непосредственно вдоль фасадов зданий, обычно освещаются светильниками, установленными у входов в здания. Узкие проезды, тротуары и площадки, расположенные у зданий, допускается освещать светильниками, установленными на стенах зданий, при условии удобного доступа к ним. Для освещения участков микрорайонных садов рекомендуются светильники венчающего типа (рис. 103). При освещении больших дворов, игровых площадок и катков используются светильники, расположенные на высоких опорах, или прожекторные установки, размещенные на крыше зданий.

Для освещения ступеней лестниц, небольших газонов, цветников, зеленых насаждений, бассейнов в микрорайонах применяются низко расположенные светильники. Они выполняются в виде настольных ламп с рефлектором и могут иметь форму грибов, шаров, цилиндров различной высоты и конфигурации. В дневное время такие светильники играют роль малых архитектурных форм и украшают микрорайоны.

Осветительные установки на территориях жилых микрорайонов следует размещать таким образом, чтобы в темное время суток они создавали нормативное освещение всех основных элементов — проездов, площадок различного назначения, пешеходных аллей и дорожек. При этом следует стремиться к тому, чтобы их свет не беспокоил жителей через окна комнат в жилых домах.

Освещение территорий зеленых насаждений общего пользования имеет свою специфику. Принципы искусственного освещения территорий зеленых насаждений, предназначенные для отдыха жителей города, существенным образом отличаются от системы освещения других территорий города. Отдых человека требует особого светового климата, который обеспечивает свободную ориентацию у гуляющих и хорошее восприятие архитектурно-декоративных качеств окружающих предметов, включая их цветовые особенности.

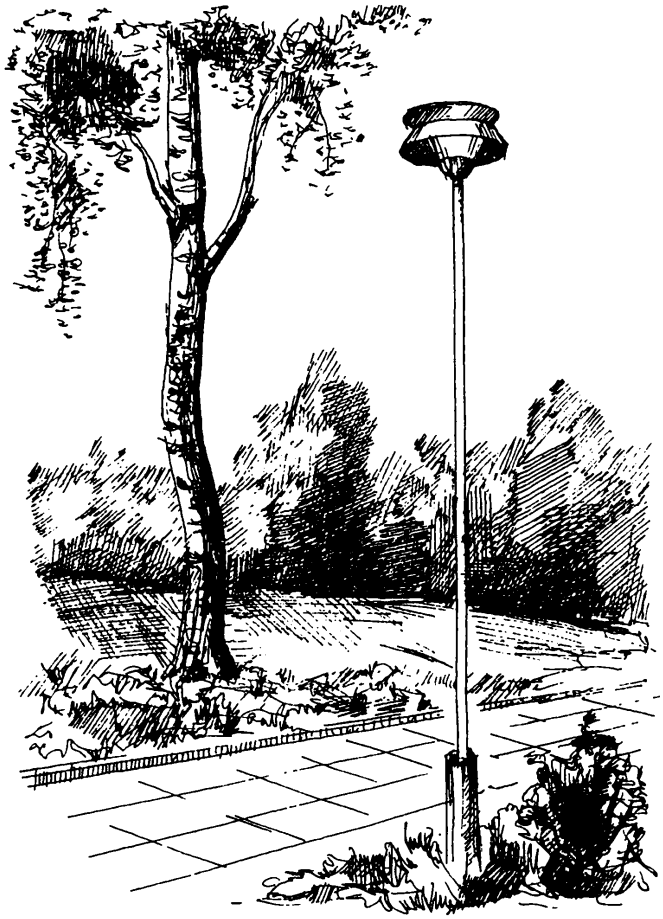


*Рис. 103. Светильник венчающего типа*

При освещении территорий зеленых насаждений следует различать осветительные установки, выполняющие утилитарные и декоративные функции. Первые обеспечивают освещение путей передвижения и места тихого и активного отдыха, т.е. аллеи и площадки, а вторые призваны подсвечивать здания, сооружения, скульптуры, малые архитектурные формы, декоративные водные устройства (фонтаны, бассейны), деревья, кустарники и цветы.

На территориях городских зеленых насаждений общего пользования для светового выявления отдельных объектов важное значение имеет архитектурно-декоративное освещение. Его применяют для подсвета зеленых насаждений (деревья, кустарники, цветники и газоны), зданий и сооружений, элементов малых

архитектурных форм (скульптура, обелиски, подпорные стенки и т.д.), декоративных водных устройств (фонтаны, каскады, бассейны). Для выявления зеленых насаждений и фонтанов используют различные световые устройства, чтобы максимально передать их форму и натуральный цвет. Контурное освещение используется для сооружений, имеющих выразительный силуэт, например аттракционов, входа в парк и т.п. Определенную роль здесь могут сыграть световые полосы и надписи из газосветных трубок.

В условиях паркового пейзажа следует прибегать к правильному чередованию темных и освещенных мест, так как контрастность лежит в основе всякого восприятия. Очень интересен боковой подсвет больших деревьев на фоне темного зеленого массива.

Современные стеклянные павильоны в вечернее время работают как большие светильники. При освещении современной архитектуры «на просвет» повышаются требования к размещению источников света внутри здания, которые теперь выполняют как бы двойную роль утилитарную (освещение интерьеров) и архитектурную, формируя внешний световой облик здания. Если у таких зданий интерьер освещается длительное время, то на территории возле них примерно в радиусе 12—15 м надобность в освещении отпадает.

Искусственное освещение спортивных сооружений должно обеспечивать: хорошую видимость разметки полей и площадок, спортивного оборудования и инвентаря, всех действий спортсменов; равномерную освещенность всего пространства, необходимого для проведения соревнований или тренировок; отсутствие слепящего действия источников света или отраженного света.

Освещение спортивных сооружений имеет целый ряд специфических особенностей. Следует учитывать, что объекты наблюдения — спортсмены, спортивные снаряды (мяч, диск, копье и т.п.) рассматриваются на меняющемся фоне с разных сторон и расстояний и под различными углами. Вот почему для их объемного освещения нормируется не только горизонтальная освещенность, но и вертикальная.

Крупные спортивные площадки, окруженные трибунами, освещаются с помощью прожекторных установок с оптическими приборами, которые расположены на высоких мачтах. Как правило, для освещения футбольного поля применяется система из четырех мачт. Для спортивных сооружений, рассчитанных на проведение международных соревнований и чемпионатов, требуется значительно бóльшая освещенность. Так, для проведения цветных телепередач и ускоренных цветных киносъемок создается система освещения, которая по своим характеристикам близка дневному свету не только по освещенности, но и с точки зрения спектрального анализа.

Для уменьшения слепящего действия света увеличивают высоту установки его источников и применяют специальную осветительную арматуру с защитными и рассеивающими устройствами.

### *13.4. Особые виды освещения*

К особым видам освещения относятся освещение архитектурных ансамблей и отдельных объектов, памятников и скульптур, декоративное освещение зеленых насаждений, водоемов и фонтанов, а также световая реклама и временно действующее иллюминационное освещение.

В вечерней панораме города большую роль может играть подсвечивание архитектурных ансамблей, зданий, монументов. Такое подсвечивание дает возможность подчеркнуть доминирующие в городском ландшафте здания и сооружения, сделать вечерний силуэт города более впечатляющим.

Подсвечивание зданий и других сооружений может быть общее заливающим светом или контурное, когда подчеркиваются линии контура зданий. Контурное подсвечивание применяется главным образом при иллюминациях во время празднеств, когда сочетают иллюминирование многих площадей и улиц города с массовым подсвечиванием зданий, монументов, мостов, фонтанов и т.д.

При подсвечивании здания иногда более яркой подсветкой выделяют отдельные наиболее интересные и эффектные его части, что способствует созданию световой контрастности в пределах освещаемого здания, усиливая общее впечатление от вечернего облика здания и окружающего его ландшафта.

Примером светового подчеркивания части сооружения может служить подсвечивание Спасской башни Московского Кремля. При таком подсвечивании сильно выделяются верхняя часть башни с часами и рубиновая звезда на шпиле. Яркое освещение старинных башенных часов создает большой эффект на фоне ночного неба.

Архитектурные ансамбли и отдельные здания обычно подсвечиваются посредством прожекторов, устанавливаемых вне освещаемого объекта, а при подсвечивании отдельных частей здания — и на самом освещаемом объекте. Прожекторы и другие источники света размещают скрыто и таким образом, чтобы их потоки света не нарушали нормальной картины уличного освещения, не создавали ослепляющего воздействия на водителей транспорта и пешеходов.

Организация системы освещения различных по своему назначению и значимости архитектурных ансамблей и отдельных объектов требует использования самых разнообразных приемов освещения, большого диапазона и широкого применения цвета, причем система освещения должна быть рассчитана на восприятие объекта с различных точек, на разных расстояниях и при разной скорости движения наблюдателя (пешехода или пассажира).

Подсвет памятника, монумента, скульптуры должен подчеркивать их идейно-художественные и пластические особенности и не искажать форм. Объект можно освещать одновременно с нескольких сторон, если он просматривается с разных позиций, и направленным интенсивным единичным световым потоком, если он виден с одной стороны. Степень их освещенности выбирается в зависимости от используемого при их создании материала, яркости фона окружающего пространства, а также расстояния, с которого они рассматриваются.

В случаях, если сложно обеспечить достаточную яркость всего объекта или возникающие тени искажают его формы, иногда следует использовать прием высвечивания главных пластических линий. Однако при этом в любом случае необходимо освещать всю поверхность объекта. Для освещения памятников, обелисков, монументов с расстояния свыше 10 м применяются прожекторы и приборы с проекционной оптикой, обладающие концентрированным светораспределением.

В архитектурно-световом решении территории населенного места большое значение имеет декоративное освещение зеленых насаждений, водоемов, фонтанов. Существуют три основных приема декоративного освещения: освещение всей фасадной стороны объекта заливающим светом или подсвет отдельных фрагментов, освещение контура или фона для силуэтного восприятия объекта, освещение изнутри для рассмотрения объекта «на просвет».

Отдельные деревья, кустарники и цветники, а также группы растений рекомендуется освещать светильниками с лампами накаливания или прожекторами с ртутными лампами. Для освещения деревьев и кустарников лампы устанавливают под кроной на стволе или на земле под кроной, в стороне от дерева или кустарника. Для подсвета отдельных деревьев и кустарников наиболее эффективно освещение первым и вторым способами, что создает впечатление самосветящихся растений.

Декоративное освещение цветников имеет свои особенности. Заливающее освещение считается основным для цветочных растений. Важен также подбор спектрального состава источников света с учетом окраски цветников. Как правило, цветники подсвечиваются белым светом, чтобы не искажалась натуральная окраска растений.

Декоративное освещение фонтанов, каскадов и бассейнов придает большую

выразительность и красоту водным поверхностям и струям, но более сложно в техническом отношении. Это обусловлено свойством воды слабо отражать падающие на нее лучи света. Вода в основном поглощает световые лучи, и поэтому, как правило, приходится источники света располагать под водой. Внутреннее декоративное освещение водоемов затопленными лампами или прожекторами создает более сильное впечатление, чем свет, направленный на водную поверхность снаружи.

Мастерство подсвета фонтанных струй заключается в том, чтобы световой поток, его яркость, контрасты света и тени, цветовая гамма соответствовали архитектонике фонтана. Яркость и эффект освещения будут сильнее, если в струях выбрасываемой воды содержатся пузырьки воздуха или фонтанная струя будет полой, что заставляет лучи света многократно отражаться, создавая иллюзию самосветящейся воды.

Освещение фонтанов, каскадов и бассейнов обычно осуществляется следующими способами: источник света размещается на дне бассейна или фонтана в специальной камере; источник света располагается под водой, лампы устанавливаются на глубине, но не более 10—15 см. Так как вода сильно поглощает свет, лампы должны быть размещены как можно ближе к месту выхода струй из воды; источник света скрыт под водосливом, лампы освещают спадающие потоки воды (каскад, слив и т.п.); источник света в бортах бассейна; фонтаны освещаются прожекторами заливающего света с лампами накаливания мощностью 500 Вт и более.

Подсветка фонтанных струй может быть одноцветной и многоцветной. Однако излишняя световая пестрота не может повысить художественного восприятия. Вода сама по себе настолько декоративна, что ее освещение белым или слегка голубым светом создает гораздо больший эффект, чем яркие окраски, при которых пропадает ощущение воды. Мощность осветительных средств при подсветке диктуется формой струй, характером движения воды и т.п. Выбор приема освещения фонтана определяется художественными задачами, композицией струй, пластическим решением фонтана, а также характером окружающей среды.

Световая реклама и освещенные витрины магазинов и различных учреждений осуществляют функцию информации населения. В вечернее время значение световой рекламы резко возрастает. Высокохудожественная реклама создает многоцветное световое решение улиц, площадей и других участков городской территории. Масштаб, форма и цвет световой рекламы, мощность и яркость светящихся элементов определяются в зависимости от класса и назначения улиц.

При определении основных параметров светорекламы следует учитывать, что она должна быть прочитана или просмотрена с заданного расстояния и за время нахождения в поле зрения движущегося пешехода или пассажира транспорта. В рекламе не рекомендуется применять цвета, близкие к цветам светофора, если они попадают в поле зрения водителей транспорта и могут ввести их в заблуждение, особенно на перекрестках и у пешеходных переходов. Необходимо также иметь в виду, что в тех случаях, когда яркость рекламного и витринного освещения значительно превосходит яркость проезжей части, выделяющиеся на окружающем фоне резкие, броские пятна отвлекают и мешают водителям транспортных средств.

Специальное световое оформление города в праздничные дни осуществляется путем устройства иллюминации, призванной создать приподнятую, торжественную атмосферу. Разнообразные очертания, формы изображения, широкий спектр цветов, конструктивные и технические приемы исполнения современной иллюминации должны соответствовать общему световому и архитектурно-декоративному освещению города

и дополнять его. В праздничном оформлении города применяются два вида иллюминации: статическая, т.е. постоянно действующая, и динамическая, т.е. периодически мигающая, движущаяся, усиливающаяся и затухающая, изменяющая конфигурацию световых рисунков и букв.

В праздничной иллюминации широко используются рисованные панно и плакаты, разнообразные продольные и поперечные, одноцветовые и многоцветовые гирлянды, люстры и орнаменты, светящиеся лозунги и пр. Достаточно распространен прием контурного обрамления сооружений значительных размеров и освещения комнат зданий в определенном порядке, что позволяет получать за счет освещенных на темном фоне окон четкий световой рисунок на фасадах зданий.

Световое оформление города — широкое поле деятельности для совместной творческой работы архитекторов, художников, светотехников, специалистов по городскому транспорту, врачей.

# РАЗДЕЛ 3.
# ИНЖЕНЕРНЫЕ ОСНОВЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Стремительное развитие науки и техники, промышленности, сельского хозяйства, рост населения, расширение процесса урбанизации в последние десятилетия XX в. привели к значительному обострению проблемы взаимодействия природы и общества.

Научно-техническая революция сильно ускорила развитие производства, многократно увеличив воздействие человека на природную среду. Современная экологическая ситуация (результат взаимодействия человека и природы) определяется не столько ускорением научно-технического прогресса, сколько нерациональным использованием природных ресурсов и прогрессирующим загрязнением окружающей среды промышленными отходами.

Под окружающей средой в широком смысле слова понимают совокупность взаимодействующих между собой естественных, сравнительно слабо измененных в процессе деятельности людей, значительно измененных в результате такой деятельности и искусственно созданных человеком материальных элементов, в окружении которых и в процессе взаимодействия с которыми проходит жизнедеятельность людей. Поскольку человек более всего изменяет природные компоненты среды, от которых целиком и полностью зависит, — воздух, воду, почвы, растительность, животный мир — главным объектом охраны окружающей среды выступает естественная ее составляющая — природная среда.

Индустриализация и урбанизация — главные причины бурного развития промышленности и роста городов в нашей стране. Мощности промышленных предприятий удваивались до 1990 г. каждые несколько лет. Быстрыми темпами растет парк автомобилей, развивается гражданская авиация и другие транспортные средства. Доля городского населения за последние 40 лет увеличилась с 30 до 70 %, число городов с населением свыше 100 тыс. жителей (больших городов) возросло с 42 до 170 %, в том числе городов-миллионеров — с 2 до 13 %.

Именно городские поселения и прежде всего крупные и большие города стали узлами наиболее активного воздействия человека на окружающую среду. Так, в среднем город с населением 1 млн человек потребляет за 1 год не менее 15—20 млн/т кислорода, 400—500 млн $м^3$ воды, 1 млн т продовольствия. Ему необходимы обширные территории для организации полноценного отдыха населения, производства скоропортящихся продуктов и т.д.

Но это только одна сторона проблемы. Миллионный город ежегодно выбрасывает в окружающую среду не менее 150 тыс. т оксидов серы, столько же оксидов азота, 500—600 тыс. т пыли, огромное количество других загрязнений. В городах значительно выше, чем в сельской местности, шумовой фон, интенсивность электромагнитные излучений, вибрации, теплового загрязнения окружающей среды. Все это весьма отрицательно влияет на людей, животных, растительность, памятники истории и культуры и прежде всего на архитектурные сооружения, ведет к ускоренной коррозии металлов и т.д. Поэтому охрана окружающей среды от различных неблагоприятных воздействий в городах — важнейшая градостроительная задача.

Охрана окружающей среды обеспечивается развитой системой различных

мер — юридических, хозяйственных и др. Наиболее важную роль в перспективном преобразовании окружающей среды, улучшении и оздоровлении условий жизни населения играет система общегосударственных мер, предопределяющих оптимальное размещение производительных сил и сдерживание роста крупных городов, а также решение вопросов охраны атмосферного воздуха, водоемов, почв, растительности.

Многообразие, масштабность и широкое распространение хозяйственных и других воздействий, связанных с жизнедеятельностью человека, на окружающую среду, их связь с конструктивными и преобразовательными мероприятиями (в том числе и с инженерной подготовкой территории) выдвинули на первое место среди весьма большого арсенала мероприятий по охране окружающей среды (биологических, гигиенических и др.) технологические и инженерные мероприятия. Все эти мероприятия одновременно могут быть отнесены и к широкой сфере городского благоустройства, поскольку по-настоящему благоустроенный город — это город, где чистый воздух, незагрязненные водоемы, много зелени, где люди не болеют специфическими, чисто «городскими» болезнями.

Третья часть данного учебного курса «Инженерные основы охраны окружающей среды» включает необходимые архитектору широкого профиля сведения о проблематике охраны и оздоровления воздушного и водного бассейнов, почвенно-растительного покрова в городах, влиянии на городскую среду шума, теплового загрязнения, электромагнитных излучений, вибрации, некоторых других неблагоприятных воздействий, а также о наиболее распространенных в настоящее время природоохранительных мероприятиях, нашедших применение в городах.

Знакомство студентов архитектурной специальности с проблемами оздоровления городской среды не исчерпывается этими материалами. Более подробно экологические вопросы архитектуры и градостроительства (особенности проектирования природоохранных мероприятий) рассматриваются в специальном курсе «Охрана окружающей среды».

# Глава 14. Охрана почвенно-растительного покрова

Земля, территория — важнейший фактор градостроительства, его материальный базис. Ценность территории все более повышается, поскольку она неизменна по величине, а рост производительных сил, населения, строительство городов повсюду продолжают идти высокими темпами. Доля городов и других искусственных образований на Земле непрерывно растет. Так, за последние 20 лет застроенная территория городов увеличилась почти на 30 %, главным образом за счет отчуждения сельскохозяйственных земель.

Каждый день в мире для различных целей изымается более 2 тыс. га земель. К 2000 г. почти 15 % суши земного шара будет занято городами, промышленными сооружениями, транспортными магистралями и другими искусственными сооружениями. Через 150 лет (при современных темпах роста населения) на каждого жителя планеты будет приходиться, вероятно, менее 0,5 га. Помимо того что земля служит пространственным базисом хозяйственного и социального развития, она имеет огромную потребительскую ценность главным образом потому, что верхний ее горизонт является одним из важнейших природных компонентов — почвой. Почва — не только основа ведения сельского хозяйства, но и огромный общепланетарный аккумулятор и распределитель энергии, удерживающий в природе углерод, азот, калий и другие важнейшие химические элементы.

Через почвенный покров осуществляются сложнейшие процессы обмена веществ и энергии литосферы, гидросферы и атмосферы со всеми обитающими в природе живыми организмами, в том числе и человеком.

Условия для почвообразования имеются лишь на 22 % поверхности Земли, а

процесс его очень протяжен во времени — на создание слоя почвы толщиной 2—3 см в зависимости от конкретной природной обстановки требуется 200 — 1000 лет. Нарушение же почвенного слоя может произойти за считанные годы.

На Земле уже уничтожено более 2 млрд га (15 % всей суши и 27 % всех сельскохозяйственных земель) почвенного покрова, разрушение почвы (и в первую очередь водная эрозия и ветровая дефляция) особенно активно происходит в плотно заселенных районах, городских агломерациях, на территории городов, где эти процессы помимо прочего осложнены сильно измененными в условиях урбанизации электромагнитным, гидродинамическим, геохимическим и гравитационным режимами. Имеются и другие причины разрушения почвенного покрова и более глубоких горизонтов литосферы.

### *14.1. Нарушения почвенно-растительного покрова и его охрана*

Почвенный покров подвергается разрушению водной эрозией, дефляцией, физическими воздействиями в результате открытой разработки полезных ископаемых, строительных работ, загрязняется бытовым мусором, промышленными твердыми отходами, пестицидами и гербицидами, солями тяжелых металлов и т.д. Особая проблема, имеющая непосредственное отношение к деятельности архитектора, — «психологическое» загрязнение ландшафта.

**Эрозия и дефляция почв.** Серьезным проявлением разрушения и истощения почвенного покрова являются процессы водной и ветровой эрозии.

Водная эрозия развивается в условиях расчлененного рельефа на интенсивно распахиваемых склонах и выражается в наличии плоскостного смыва и овражно-балочной сети. Эрозии подвержены главным образом возвышенности степной и лесостепной зон европейской части России.

Ежегодно миллионы тонн почвы весенними и ливневыми летними потоками уносятся через овражно-балочную сеть в реки и моря. На интенсивность процесса эрозии влияют лесистость территории, уклоны земной поверхности, способность почвы противостоять размыву, сложившаяся структура сельскохозяйственных угодий, климатических условий и др. При этом слабый смыв почвы, как правило, развивается на склонах до 3°, средний — от 3 до 6°, сильный — более 6°. Наибольшая степень устойчивости наблюдается в лесостепной и степной зонах, средняя степень — в районах северной лесостепи, низкая — в районах тайги и очень низкая — в тундре и пустынях.

Наиболее подвержены эрозии пашня, территории населенных мест, неудобных земель. В зависимости от доли таких территорий в земельном балансе района можно говорить о районах, благоприятных для развития эрозии (доля неустойчивых против эрозии земель составляет 60—90 %), ограниченно благоприятных для развития эрозии (30—60 % таких земель) и неблагоприятных (устойчивых против этого процесса) для развития эрозии (доля неустойчивых земель составляет менее 30 %).

Основные мероприятия по охране почв от водной эрозии — мелиорация, лесопосадки; засыпка, террасирование и озеленение оврагов и балок; агрокультурные мероприятия; инженерная защита (устройство водоотвода, укрепление склонов и др.) наиболее подверженных эрозии участков местности.

Все мероприятия по борьбе с эрозией, с одной стороны, должны быть направлены на повышение противоэрозионной устойчивости почвы, с другой стороны, — на снижение разрушающей силы водного и ветрового потоков до его поступления на эрозируемую поверхность.

Системы противоэрозионных мероприятий обычно дифференцированы по различным природным зонам и назначаются в зависимости от конкретных геоморфологических, агроэкономических и других условий.

В районах с избыточным увлажнением противоэрозионные мероприятия должны обеспечивать безопасный для почвенного покрова сток воды. В райо-

нах с недостатком и незначительным увлажнением такие мероприятия следует направлять на максимальное задержание всех видов осадков и наиболее продуктивное использование почвенной влаги.

Ветровая эрозия (дефляция) почв распространена главным образом в засушливых южных районах (степная, полупустынная и пустынная зоны) и вызывается распашкой обширных территорий, недостаточно защищенных растительностью. Бессистемная пастьба скота — также одна из наиболее частых причин этого явления.

Ветры и ураганы (особенно в засушливое время года) могут захватывать и переносить на значительные (до нескольких тысяч километров) расстояния огромное количество почвы. Так только в районах Приаралья количество перенесенной пыли оценивается в 15—75 млн т в год. Дефляция ведет к выдуванию плодородного слоя почвы и оголению подстилающего минерального ее слоя. В результате резко падает продуктивность сельскохозяйственных угодий, заиливаются водотоки и водоемы, загрязняются помещения, дороги, наносится большой вред механизмам и машинам.

Оценка подверженности почв дефляции обычно проводится по фактической площади деформированных почв или же по числу дней с пыльными бурями (сильная степень подверженности территории дефляции характерна для районов с числом дней в году с пыльными бурями более 20).

Мероприятия по защите почв от дефляции в целом близки к рекомендуемым для охраны от водной эрозии. При этом особое значение имеют облесение территории и соответствующая технология выращивания сельскохозяйственных культур (рациональные севообороты, выращивание растений, способствующих повышению связности грунта, и др.).

**Химическое загрязнение почвы.** Применение химических препаратов в сельском и лесном хозяйстве, развитие промышленности и транспорта породили проблемы, связанные с химическим загрязнением почв.

Большую опасность представляет чрезмерное применение пестицидов (гербицидов, инсектицидов, дефолиантов) и минеральных удобрений, производство и использование которых стремительно растет (ежегодно в мире производится свыше 4,5 млн т минеральных удобрений и 1 млн т пестицидов). Неумелое внесение химических соединений в почву вызывает отрицательный эффект в численности и активности почвенной фауны (на 1 га почвы в среднем приходится 1000—1500 кг грибов, до 700 кг актиномицетов и 100—300 кг простейших), а также ведет к ухудшению физической и химической структуры почвы. Пестициды и минеральные удобрения загрязняют не только почву, но также поверхностные и подземные воды, поэтому использование этих препаратов в городах и плотно заселенных городских агломерациях особенно опасно.

Загрязнение почвенного покрова пестицидами и минеральными удобрениями может быть уменьшено путем регламентированного применения этих веществ (выбор менее устойчивых к разложению пестицидов, учет конкретных геохимических особенностей местности и др.). В плотно заселенных городских агломерациях целесообразно минимально использовать химические препараты и все более широко обогащать сельскохозяйственные и лесные угодья органическими питательными веществами за счет использования очищенных сточных вод, а также применять биологические и комбинированные методы борьбы с вредителями сельского и лесного хозяйства.

Серьезную экологическую опасность представляют и твердые промышленные отходы, главным образом потому, что некоторые отрасли промышленности — энергетическая, горнорудная, химическая, черная металлургия и др. большую часть переработанного сырья пускают в отходы. Свалки, полигоны, хвостохранилища могут занимать значительные площади и содержать до нескольких миллиардов кубических метров отходов. Крупная ТЭЦ, например, требует отвода под золоотвалы не менее 1000—1200 га, хвос-

тохранилища горно-обогатительных комбинатов занимают, как правило, тысячи гектаров плодородной земли и т.д. Промышленные отходы опасны не только тем, что занимают много места, заиливают водотоки, крайне неэстетичны, но прежде всего тем, что могут самовозгораться (терриконы и свалки металлической стружки), содержат ядовитые вещества и соли тяжелых металлов, которые вымываются осадками, выветриваются, загрязняя почву, водотоки и атмосферу.

Утилизация твердых отходов промышленности ведется по двум основным направлениям: включение их в технологический цикл (малоотходное производство) и использование отходов в качестве сырья в других отраслях, например в промышленности стройматериалов. В частности, широко используют шлаки черной металлургии (как суперфосфатное удобрение, строительные и дорожные материалы, как компоненты шихты, т.е. введение их снова в металлургический цикл). Поскольку технология утилизации отходов многих производств непосредственно на месте еще разработана недостаточно (цветная металлургия, химическая промышленность и др.), промышленные отходы целесообразно направлять в другие отрасли промышленности, где они могут послужить вторичным сырьем. Особенно перспективно использование вторичного сырья в промышленности строительных материалов.

К сожалению, промышленные твердые отходы не всегда удается утилизировать в технологических цепочках. Поэтому еще долгое время складирование и хранение существенной части таких отходов будут производиться на крупных усовершенствованных свалках и полигонах. Требования к их содержанию особо жесткие — их должно быть сравнительно немного (каждая крупная свалка или полигон должны обслуживать несколько городов), они должны размещаться в сравнительно слабо населенных местностях, геологические и гидрологические условия месторасположения свалки или полигона должны гарантировать хорошую изоляцию от окружающей среды.

Явление геохимических аномалий в природных ландшафтах широко известно. Например, в почвах лесостепи и степи недостаточно меди, таежная зона характеризуется пониженным содержанием меди и кобальта, серые лесные почвы бедны молибденом и т.д. Известны геохимические аномалии, характеризующиеся избыточным содержанием тех или иных элементов. Многие аномалии служат причиной болезней людей и животных — эндемичного зоба (недостаток йода), уровской болезни (избыток стронция и дефицит кальция), кариеса зубов (недостаток фтора) и др.

Огромные масштабы производства металлов и несовершенные технологии привели к тому, что на планете формируются весьма обширные зоны искусственных геохимических аномалий. До настоящего времени, например, на Земле выплавлено примерно 20 млрд т железа, а весь мировой фонд этого металла составляет 6 млрд т, т.е. 19 млрд т рассеяно в природе.

Особенно опасно рассеивание в окружающей среде ртути, свинца, цинка. При этом свинец содержится не только в отходах предприятий по его выплавке и рафинированию, но и в выхлопных газах автомобилей (в течение года один автомобиль выбрасывает не менее 1 кг свинца). Городской воздух содержит в 20 раз больше свинца, чем сельский, вдоль автодорог образовались значительные по ширине (до 100—150 м) полосы свинцовых аномалий. Свинец хорошо удерживается гумусом, накапливается в верхних слоях почвы и может привести к заболеваниям хромосомного аппарата у животных и человека.

Повышенное количество меди и цинка в почвах приводит к замедленному росту растений и снижению урожайности сельскохозяйственных культур. Цинк содержат промышленные отходы, суперфосфатные удобрения, сельскохозяйственные сточные воды, медь — промышленные выбросы, стоки с рудников и медьсодержащие фунгициды. В результате неполного использования сырья, прямых потерь и отходов производства кон-

центрация некоторых элементов в почве к середине будущего века может увеличиваться в 10—100 раз и более. Поскольку выброс металлов в природную среду по существу пропорционален плотности населения, формирование техногенных геохимических аномалий особенно опасно в городах и городских агломерациях.

Рассеяние солей тяжелых металлов и токсичных веществ от химической промышленности, образование искусственных геохимических аномалий могут быть уменьшены решительным совершенствованием технологических процессов в промышленности, заменой двигателей, использующих углеводородное топливо, электродвигателями или водородными двигателями, внедрением антикоррозионных покрытий, посадками вдоль дорог деревьев, хорошо удерживающих свинец (яблони, груши) и т.д.

**«Психологическое» загрязнение ландшафта.** Для архитекторов особое значение имеет так называемое «психологическое» или «эстетическое» загрязнение ландшафта, т.е. прогрессирующее снижение эстетических качеств городских и пригородных территорий вследствие их безликой стандартной или несоответствующей данной местности застройки, засорение ландшафта железобетонными и другими конструкциями, увеличение доли в ландшафте так называемых бросовых земель и т.д.

Безответственное использование железобетонных конструкций товарного бетона, асфальта и других не разлагающихся в природе предметов и материалов приводит к тому, что отдельные участки территории в городах и пригородных зонах засоряются железобетонным боем, щебнем, кусками схватившегося бетона и застывшего асфальта. Особенно страдают участки ландшафта вдоль разного рода коммуникаций — железнодорожных линий, автодорог, линий электропередачи, газопроводов и т.д. Большой урон ландшафту и особенно наиболее ценным его участкам наносит рекреационная деятельность (массовый отдых, туризм и т.д.), масштабы которой все более возрастают.

Проблеме засорения ландшафта, к сожалению, не придается того внимания, которого она заслуживает. Вместе с тем, если скорость этого пагубного процесса не уменьшится, то через десятилетие наиболее активно посещаемые рекреантами местности, обочины дорог, участки беспривязной пастьбы скота могут превратиться в сплошную корку из железобетонного боя, асфальта, синтетических материалов (пакетов, упаковок и др.), консервных банок и других отбросов.

Случайная застройка городских и пригородных территорий, увлечение стандартными объемами общественных и жилых зданий, нередко неудачные в эстетическом отношении малые архитектурные формы, водонапорные башни, промышленные и транспортные объекты в не меньшей степени, чем строительный и бытовой мусор, портят ландшафт, резко снижают его эстетические качества. Продолжающаяся застройка пригородных территорий вдоль транспортных магистралей, возведение многоэтажных зданий там, где это не диктуется необходимостью, игнорирование принципов архитектурной композиции застройки, гармоничного сочетания природного и городского ландшафтов — не меньшее зло, чем ухудшение их экологических характеристик.

Охрана ландшафта от «психологического» загрязнения возможна лишь путем кропотливой работы на местах, посредством повышения ответственности лиц, принимающих решения за эстетический облик территории, повышения общей и экологической культуры населения. И если городские территории в большей мере подвержены контролю со стороны архитекторов-профессионалов, то межгородские пространства, особенно в пределах крупных городских агломераций, страдают от «психологического» загрязнения особенно сильно.

Урбанизированный ландшафт крупной городской агломерации формируется под воздействием сложных социально-экономических и архитектурно-планировочных условий. Он представляет собой комплекс различных культурных

ландшафтов (от городского до сельского и лесного), нередко со стертыми внешними отличительными признаками и быстрым переходом одного вида ландшафта в другой. Все эти ландшафты в той или иной мере несут на себе отпечаток урбанизации. Так, для сельского урбанизированного ландшафта характерно наличие мощных транспортных сооружений, линий электропередачи и других инженерных коммуникаций; панорамы, характерные для сельской местности, нередко замыкаются крупными промышленными объектами, жилыми многоэтажными зданиями. Лесной природный ландшафт также отличается от природного своим парковым обликом.

Рост городов, городских агломераций, распространение городского образа жизни на периферийные территории, интенсификация сельского хозяйства, придающая ему черты промышленного производства, стремительная автомобилизация — все это значительно изменяет природные естественные и культурные ландшафты. При этом ландшафт, как правило, утрачивает те качества, которые необходимы для экологически полноценной жизни человека. В то же время при планомерном и упорядоченном формировании урбанизированного ландшафта влияние на него крупных культурных центров может быть использовано для существенного обогащения, благоустройства и оздоровления природных территорий. Существенны при этом и обратные связи — введение элементов природного ландшафта в урбанизированную среду существенно повышает ее экологические и эстетические характеристики.

Правильное формирование урбанизированных ландшафтов, рациональное сочетание их элементов в городах и городских агломерациях имеют большое социальное, эстетическое, гигиеническое и хозяйственное значение. Поэтому многообразные вопросы формирования ландшафта необходимо решать уже на самых общих стадиях градостроительного проектирования (в районной планировке, например). При этом дифференцированный подход к формированию отдельных культурных ландшафтов должен сочетаться с пониманием их совокупности не только как архитектурно-планировочной и функциональной, но и как экологической и эстетической градостроительной категории.

Для архитектора широкого профиля особенно важны проблемы охраны почвенно-растительного покрова от последствий горных разработок, строительных работ, загрязнения твердыми бытовыми отходами, а также охрана растительности в городах и пригородных зонах.

### *14.2. Восстановление нарушенных территорий*

Проблема рационального использования территориальных ресурсов при размещении гражданского и промышленного строительства — одна из актуальных в современном строительстве. В этой связи важное значение приобретает восстановление нарушенных территорий. К нарушенным относятся территории, измененные в результате производственной деятельности человека до степени, ограничивающей или исключающей их последующее использование без восстановления.

Нарушения территории могут быть без повреждения земной поверхности, которые связаны с перемещением почв и грунтов и накоплением отходов различных производств, и с повреждением ее, возникающим в процессе добычи полезных ископаемых. К первому типу нарушений территории относятся отвалы пустых шахтных пород, так называемые терриконы или терриконики, отвалы вскрыши при открытых разработках полезных ископаемых, а также отвалы отходов перерабатывающих производств, шлакоотвалы и др. Ко второму типу относятся нарушения, связанные с удалением пород при добыче полезных ископаемых — карьеры, подземные выработки, просадки и пр.

Градостроительное использование нарушенных в результате производственной деятельности территорий может быть осуществлено лишь после применения определенных мероприятий по их восстанов-

лению. Сложность инженерных мероприятий зависит от типа и объема нарушений, размещения нарушенных территорий в плане города и перспектив использования этих участков после восстановления. Инженерная подготовка нарушенных территорий сводится в основном к вертикальной планировке, организации стока поверхностных вод, дренированию при необходимости подземных вод и заделке подземных пустот.

В градостроительной практике наиболее часто встречаются ситуации, когда выработанные карьеры необходимо включать в общую планировочную структуру застраиваемой территории. Желательно, чтобы новые карьеры строительных материалов не разрабатывались в непосредственной близости от существующих городов, однако в развивающихся районах они необходимы. Дело в том, что расположение карьеров вблизи мест строительства выгодно с экономической точки зрения в связи с большими затратами на транспортировку песка, гравия, щебня. Поэтому при развитии городов отработанные, а иногда и разрабатываемые карьеры оказываются в пределах городской черты, порождая немало серьезных проблем, к которым в первую очередь относится охрана природной среды.

В данном случае восстановление и использование нарушенных территорий могут осуществляться различными способами. Засыпка карьеров — довольно сложное мероприятие, особенно при их значительной глубине и необходимости избежать осадок сооружений, которые будут возводиться на месте бывшего карьера. Засыпка карьеров возможна, однако должны предъявляться жесткие требования как к качеству грунтов, используемых для засыпки, так и к производству работ, — укладка тонкими слоями с тщательным уплотнением.

Выровненные при помощи необходимой вертикальной планировки площадки на дне неглубоких карьеров или каменоломен могут использоваться непосредственно под застройку. В этом случае определенные затруднения возникают при организации транспортных и пешеходных связей между участками, расположенными на разных отметках (дно карьера и поверхность земли), которые решаются посредством устройства пандусов или проездов с максимально допустимыми продольными уклонами и лестничных сводов. Большое внимание следует уделять проектированию стока поверхностных вод, чтобы избежать возможного затопления пониженных территорий.

Выработки, остающиеся после добычи полезных ископаемых, могут быть использованы для размещения гаражей и других коммунальных предприятий, в качестве складских помещений как самостоятельных, так и входящих в систему торговых центров. Наиболее часто заброшенные карьеры при их рекультивации используются для создания парков и зон отдыха с искусственными водоемами, спортивных центров. Таким образом, имеются достаточно большие возможности эффективного и экономичного применения отработанных карьеров.

В мировой практике накоплен определенный опыт использования отработанных карьеров и каменоломен. Например, в Греции, в районе Больших Афин, на горе Ликкебетос бывшие карьеры площадью 300 га превращены в современный культурный центр с различными школами, стадионом на 6 тыс. зрителей, открытым театром на 4 тыс. зрителей. В Мюнхене на месте старых каменоломен создан комплекс мирового значения для зимних видов спорта.

В Польше, в г. Кельце, в ознаменование его 900-летия в 1971 г. открыт парк культуры и отдыха, созданный на месте старых известковых карьеров, оказавшихся в пределах быстрорастущего города (рис. 104). В результате осуществления крупномасштабных восстановительных работ на месте выработок угольных шахт и каменных карьеров с созданием искусственных водоемов различного назначения был создан крупный парк культуры и отдыха в г. Катовице (рис. 105).

Значительные работы по восстановлению нарушенных ландшафтов в рекреационных целях проводятся в Германии.

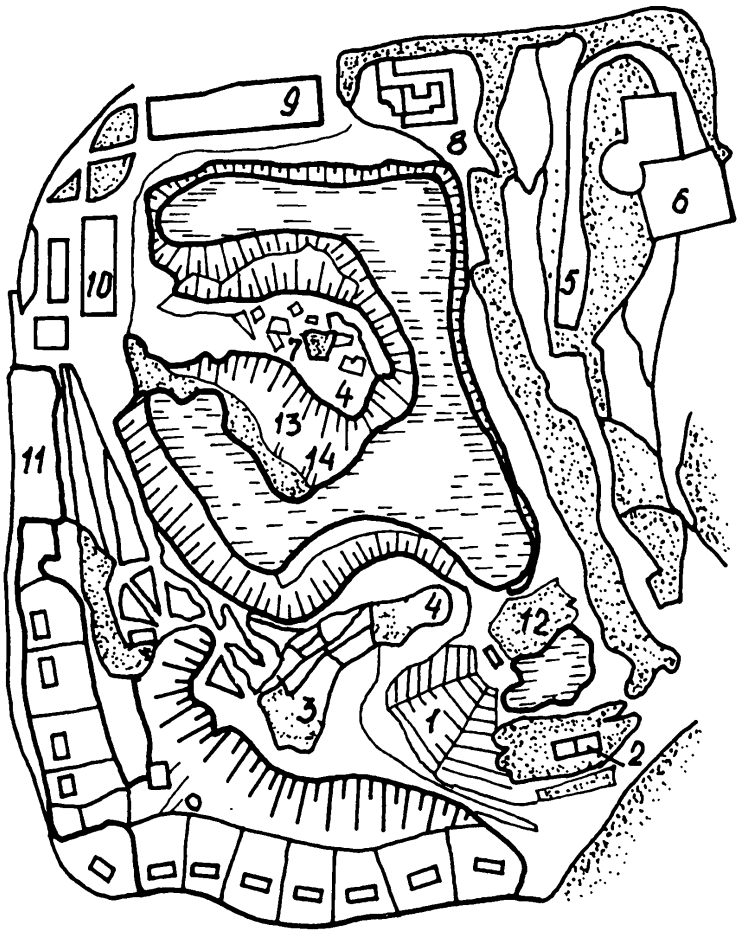
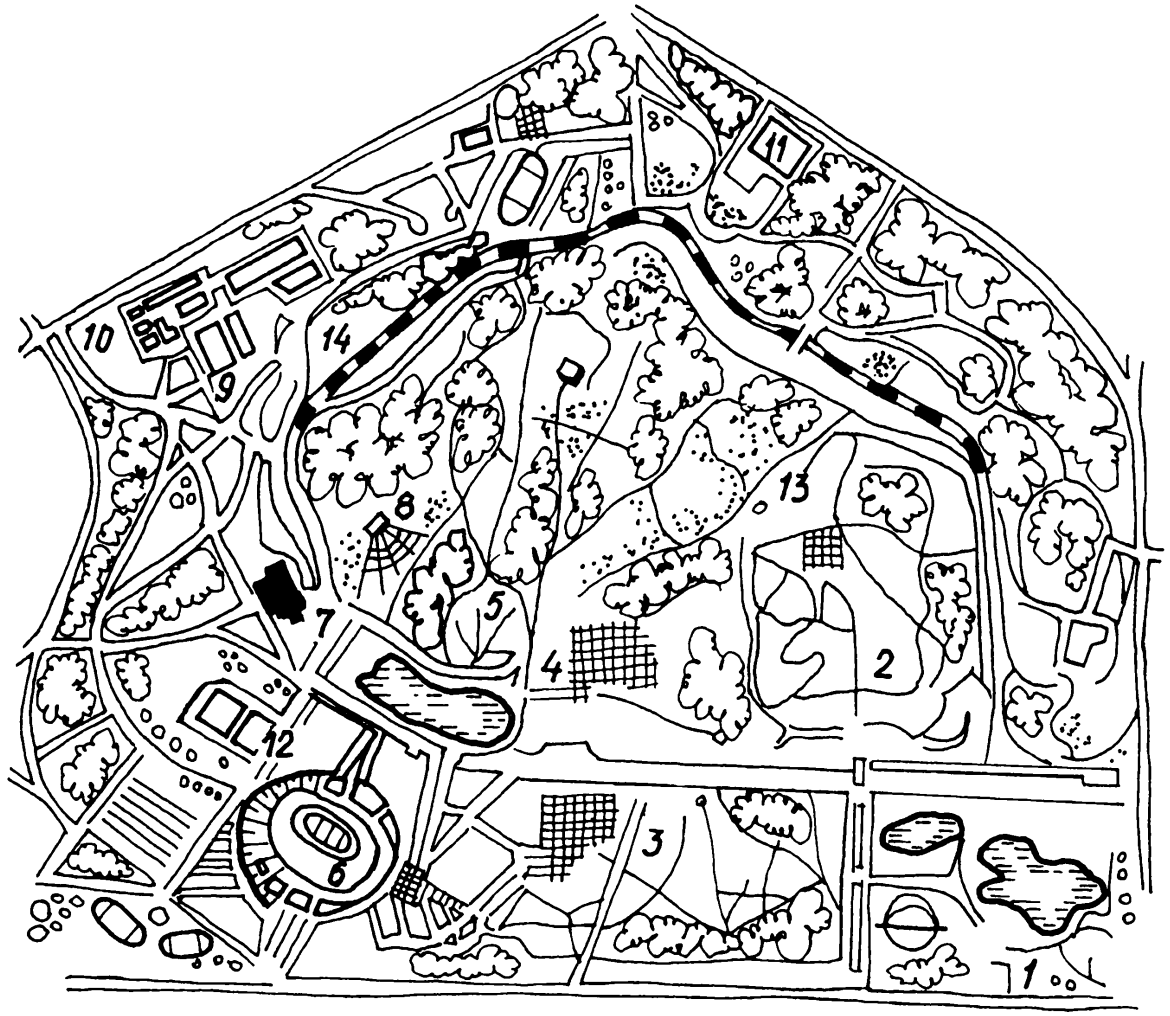



*Рис. 104. Парк культуры и отдыха в г. Кельце (Польша):*
***1** — амфитеатр; **2** — открытое кафе; **3** — харцерская площадка; **4** — видовые точки; **5** — санный съезд; **6** — спортивный павильон; **7** — альпинариум; **8** — кафе; **9** — выставочная площадка; **10** — геологический музей; **11** — стоянка для автомашин; **12** — пляж-лягушатник; **13** — скала геологов; **14** — пещера*

*Рис. 105. Схема планировки парка в г. Катовице:*
***1** — аттракционы; **2** —зоосад; **3** — выставка цветов; **4** — купальный комплекс; **5** — фестивальное поле; **6** — стадион; 7—центр водного спорта; **8** — открытый театр; **9** — пионерский театр; **10** — туристский центр; **11** — центр технического прогресса; **12** — культурный центр; **13** — канатная дорога; **14** — узкоколейная железная дорога*



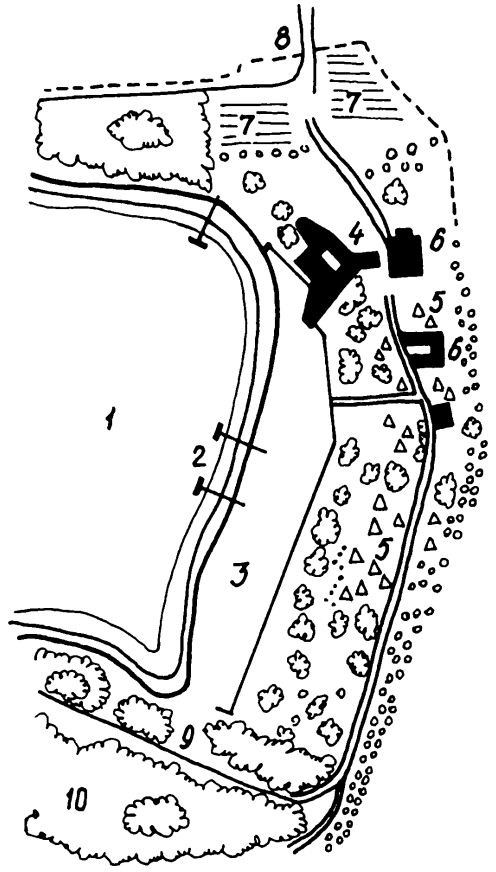


*Рис. 106. Схемы зоны отдыха в Росбахе (Германия):*
*1 — искусственное озеро; 2 — зона спортивного плавания; 3 — пляж; 4 — открытый бассейн; 5 —палаточные городки; 6 — блоки обслуживания; 7 — автостоянка; 8 — подъездная автодорога; 9 — пешеходные аллеи; 10 — лесопарк*

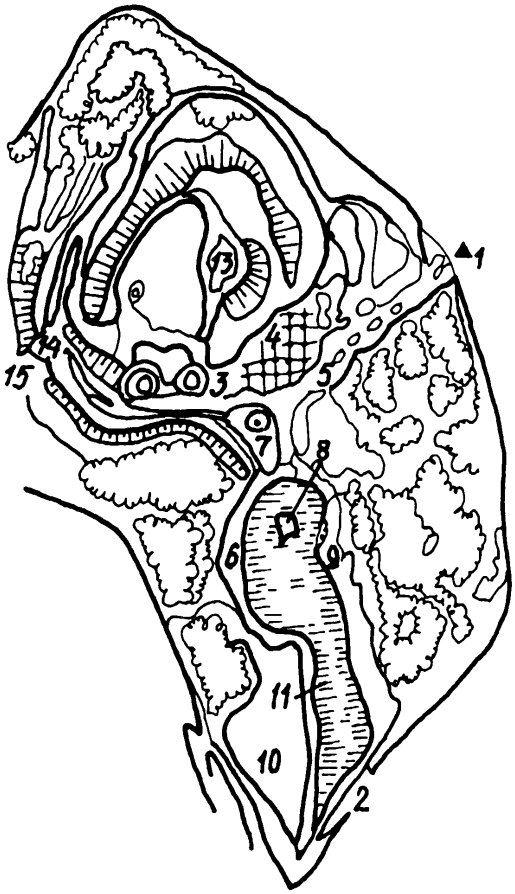


*Рис. 108. Парк Голбачиха в г. Кишиневе:*
*1 — вход; 2 — озеро; 3 — музей природы; 4 — сад скульптур; 5 — каскад; 6 — набережная; 7 — холм; 8 — остров; 9 — павильон цветов; 10 — павильон для игр; 11 — фонтан; 12 — декоративный бассейн; 13 — каменный сад; 14 — мост; 15 — грот*

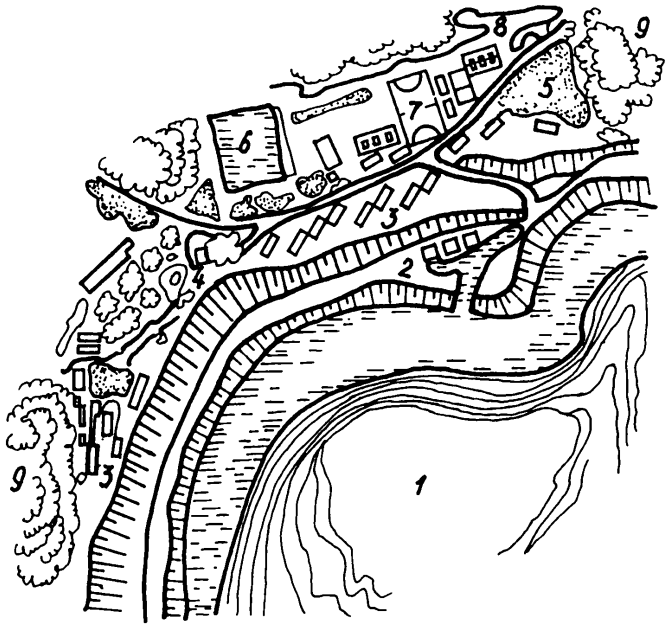


*Рис. 107. Схема зоны отдыха у водохранилища в Мульденштаузее (Германия):*
*1 — водохранилище; 2 — берегоукрепительная полоса; 3 — спальные корпуса; 4 — ресторан; 5 — зона бунгало; 6 — бассейн; 7 — спортивная зона; 8 —игровые площадки; 9 —лес*

Примером этого могут служить зоны отдыха на месте буроугольных карьеров в Росбахе (рис. 106) и у водохранилища в Мульденштаузее (рис.107).

В Новосибирске на месте карьеров нерудных ископаемых предполагается освоить около 150 га территории для размещения жилой и общественной застройки и устройств спортивного ядра на 3 тыс. зрителей. В Смоленске на площади 120 тыс. м$^2$ на месте глиняных разработок предполагается разместить 3 микрорайона. На месте отработанных карьеров возможно создание и гидропарков.

Привлекают внимание восстановительные работы при создании парка Голбачиха в Кишиневе площадью 25 га, которые предусматривают использование каменного карьера, водоема и отвальных участков (рис. 108). Композиционно парк разделен на две зоны — карьер, в котором создается геологопале-

онтологический памятник природы, и зона искусственного озера. В зоне замкнутого пространства карьера создаются цепь малых водоемов с водопадами, игровые поляны, сад скульптур. Большой искусственный водоем дополняется прогулочной набережной с различными павильонами. Особое внимание уделено формированию зеленых насаждений. Терриконы и отвалы, образующиеся при вскрышных работах не только портят внешний вид местности, но и оказывают отрицательное воздействие на окружающую среду. Терриконы часто имеют значительную высоту (50 м и более) и в определенных условиях способны самовозгораться. К этому следует добавить, что на их склонах нередко случаются оползни и оплывины.

В тех случаях, когда терриконы и отвалы размещаются в городской черте или в пригородной зоне, их не следует оставлять в первоначальном состоянии. Восстановление нарушенных подобным образом территорий осуществляется путем полной или частичной ликвидации терриконов и отвалов вскрыши, срезки и разравнивания, планировки склонов, создания берм, укрепления откосов, посадки трав, кустарников, деревьев (рис. 109). Инженерные работы по восстановлению нарушенных участков осуществляются в соответствии с их использованием в общем планировочном решении территории с учетом вертикальной планировки. Излишние объемы породы и грунта при ликвидации, срезке и формировании терриконов и отвалов используются для засыпки пониженных мест и общей вертикальной планировки территории. Сформированные терриконы и отвалы служат в основном для создания зон отдыха, садов, парков и площадок различного назначения и в редких случаях — для размещения достаточно легких сооружений. Так, накоплен определенный опыт практического освоения недействующих терриконов в различных городах Донбасса. В Донецке на 15—20-метровой толще спланированного террикона построены одноэтажные дома на свайных фундаментах. В проекте Терновского декоративного сада предусмотрено восстановление и ландшафтно-рекреационная организация одного из участков отвала пород шахты Терновская (рис. 110).

Заброшенные шахты и другие подземные выработки полезных ископаемых, расположенные в городской черте или пригородной зоне, могут использоваться для городских и промышленных

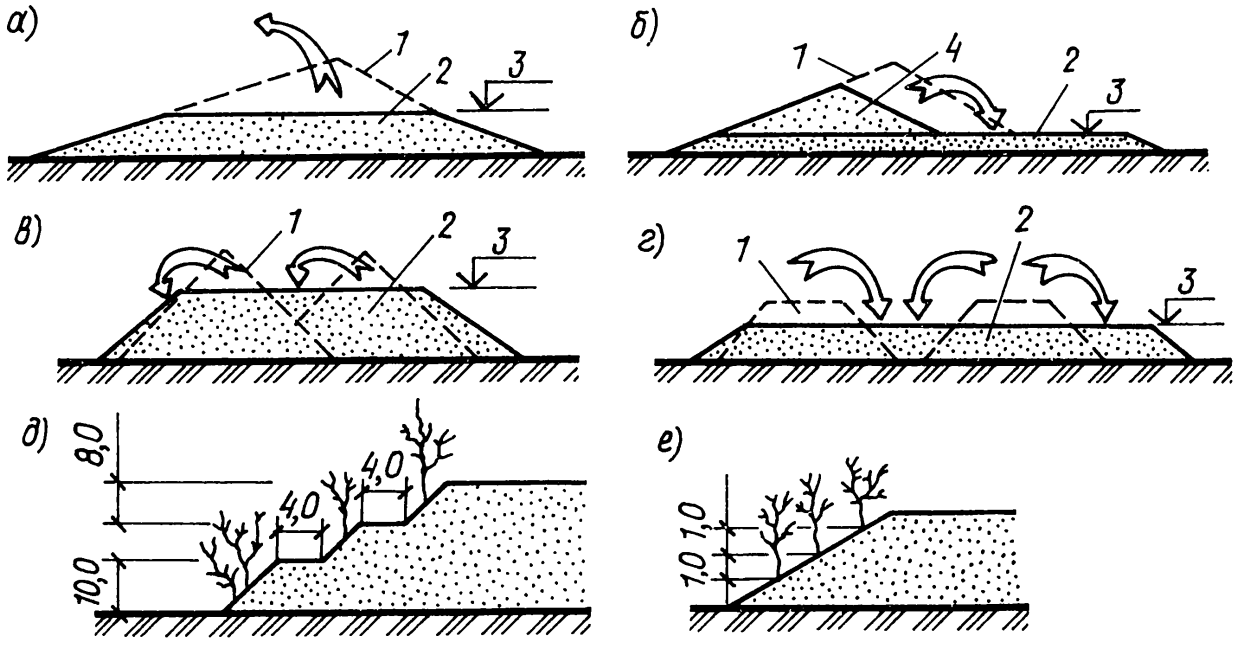



*Рис. 109. Инженерные мероприятия по восстановлениию территории с нарушениями:*
***а, б** — частичная разборка терриконов; **в, г** — срезка отвалов с крыши; **д, е** — укрепление склонов отвалов*

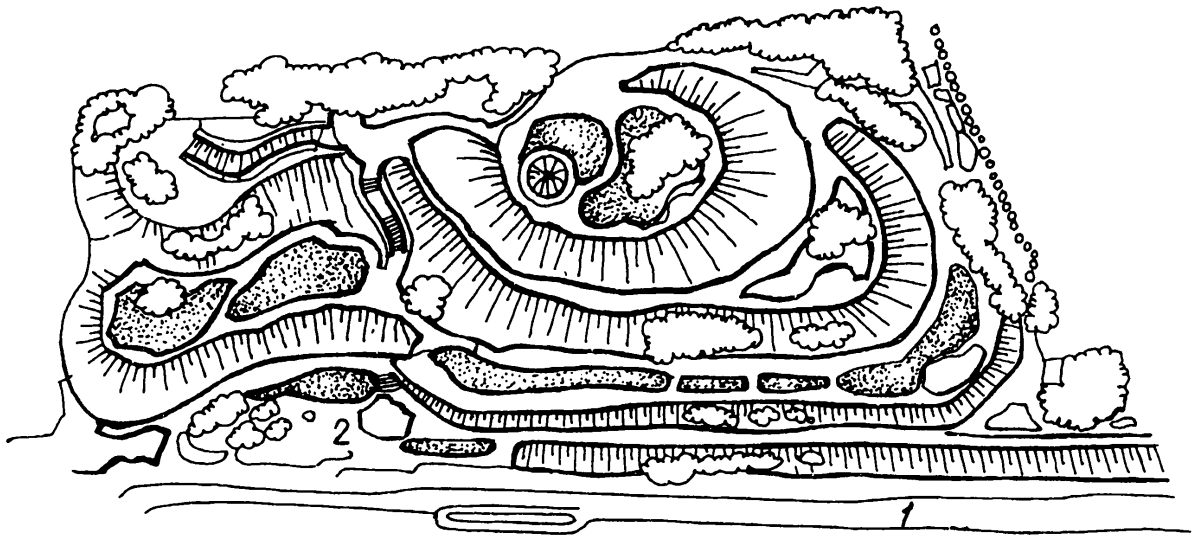



*Рис. 110. План Терновского декоративного сада:*
*1 — автодорога; 2 — стоянка автомашин*

нужд. В подземных выработках обычно сухо, а температура и относительная влажность постоянны. В настоящее время подземные выработки широко применяют во всем мире в качестве складских помещений, хранилищ нефтепродуктов, для выращивания грибов, размещения различных предприятий, требующих солнцезащиты или повышенной чистоты помещений, в том числе для производства точных приборов и для других целей. Например, заброшенная соляная шахта у г. Соповино в Карпатах на Украине превращена в больницу для людей, страдающих бронхиальной астмой.

### *14.3. Сбор, удаление и обезвреживание твердых отходов*

Важное место в охране окружающей среды и благоустройстве городов принадлежит очистке городских территорий от твердых бытовых отходов, включающей их сбор, удаление и обезвреживание. Несвоевременное удаление отходов приводит к загрязнению внешней среды и распространению инфекционных заболеваний. Не меньшее значение для нормального функционирования города имеет и содержание в чистоте городских территорий (улиц, площадей, проездов, парков и т.д.) как в летнее, так и в зимнее время.

К твердым бытовым отходам относятся мусор из жилых домов и общественных зданий, строительный мусор, отбросы торговых учреждений и учреждений общественного питания, отходы промышленных и коммунальных предприятий, уличный смет, снег, лед и т.д. Количество твердых отбросов в городах весьма значительно и с каждым годом увеличивается. По прогнозам их количество в городах и населенных пунктах нашей страны к 2000 г. составит не менее 50 млн т. Поддержание городов в чистоте требует проведения больших объемов работ и значительных капиталовложений.

**Сбор твердых бытовых отходов.** При разработке мероприятий по очистке необходимо знать объемы отводов, скапливающиеся в городе, жилом районе, микрорайоне. Для их определения используются нормы накопления отходов (табл. 12).

Расчетные нормы накопления отходов уточняются в каждом населенном пункте, так как зависят от природно-географических условий, времени года, демографического состава населения и других факторов. Объем накапливаемого мусора различен по времени года и часто по дням недели. Но статистические данные позволяют устанавливать среднегодовое и среднесуточное накопление домового мусора, принимая определенную норму накопления на одного человека в год или в сутки.

**Таблица 12. Нормы накопления отходов**

| Отбросы | Количество отходов на 1 человека в год | |
|---|---|---|
| | кг | л |
| Твердые (мусор): | | |
| от жилых зданий, оборудованных водопроводом, канализацией, центральным отоплением и газом | 160–190 | 500–700 |
| от прочих жилых зданий | 270–360 | 720–750 |
| Общее количество по городу с учетом общественных зданий | 250–300 | 1000 |
| Жидкие из выгребов (при отсутствии системы канализации) | – | 1500–3250 |
| Мусор с 1 м$^3$ твердых покрытий улиц | 5–15 | 8–20 |

Годовое накопление домового мусора определяется по формуле

$$Q_г = pm, \qquad (15)$$

где $Q_г$ – годовое накопление домового мусора, м$^3$; $p$ – расчетная норма накопления на одного человека в год, м$^3$; $m$ – численность населения микрорайона, жилого района, города.

Санитарная очистка жилых районов и микрорайонов от твердых домовых отбросов представляет собой комплекс мероприятий по их сбору, удалению, обезвреживанию и утилизации. При этом важен выбор систем сбора и хранения домовых отбросов на территориях жилых районов и микрорайонов и удаления отходов за их границы. Выбор систем сбора и удаления твердых домовых отходов зависит от уровня благоустройства, этажности, типа застройки и пр.

Существуют два способа сбора: унитарный и раздельный. При унитарном способе все отходы помещаются в одном квартирном мусоросборнике, при раздельном – пищевые отходы собираются отдельно для дальнейшего использования.

Применяются две группы систем удаления твердых домовых отходов: с последующим вывозом отбросов мусоропровозным транспортом; удаление отходов без применения мусоровозов. Наибольшее распространение получили системы первой группы, так называемый вывозной метод, а применение систем второй группы ограничено. В перспективе следует считать наиболее рациональным применение способов удаления отходов без использования мусоровозов – сплавной метод и пневмоудаление.

Удаление твердых бытовых отходов из квартир производится путем выноса мусора квартирными сборниками в дворовые сборники. Этот способ находит применение при малоэтажной застройке. В некоторых странах для этой цели используются специальные пакеты из непромокаемой бумаги, которые удаляются вместе с отбросами (Дания, Швеция). Для удаления мусора из квартир в жилых зданиях большой этажности используются мусоропроводы. Они создают большие удобства для жителей, способствуют повышению гигиены квартир и внешнего вида территорий микрорайонов.

В этом случае отходы собираются в мусоросборники малой емкости (60–120 л) и затем опорожняются в бункер мусоровоза. Эта система носит название «несменяемой» посуды, поскольку пустые мусоросборники остаются на месте для дальнейшего использования. К системе «несменяемой» посуды относится и планово-квартирный способ или «бестарное» удаление мусора, когда разгрузка из квартирных сборников производится непосредственно в подъезжающий к дому мусоровоз. Этот способ применяется, как правило, в населенных местах с малоэтажной и усадебной застройкой.

Часто используются более крупные мусоросборники (контейнеры) емкостью 800—1000 л, устанавливаемые на специально отведенных площадках. Заполненный контейнер с помощью автокрана грузится на мусоровоз контейнерного типа, а на его место устанавливается привезенный чистый контейнер.

Это — система «сменяемой» посуды или контейнерной перевозки. Помимо вывозной применяется сплавная система удаления мусора путем его сплава по внутридомовой и уличной сети городской канализации (рис. 111). Для осуществления сплавной системы необходимо предварительное дробление мусора в мусородробилках. Дробление мусора может производиться с помощью квартирных дробилок в помещениях или мусородробилок, расположенных на территории микрорайона, квартала или жилого района. При сплавной системе удаления бытовых отходов мусор не только дробится, но и разбавляется водой в количестве 5—10 л на 1 кг мусора.

Сплавная система обеспечивает более высокие санитарные условия удаления мусора по сравнению с вывозной, однако широкого распространения она не получила, поскольку требует увеличения диаметров коллекторов городской канализации и объемов очистных сооружений, а также наличия достаточно большого количества мусородробилок, конструкции которых далеко не совершенны. Обращает на себя внимание пневматическая установка по транспортировке мусора (рис. 112). Мусоротранспортирующая пневматическая система состоит из трубопроводов, накопительного бункера, фильтров и всасывающей установки. Для

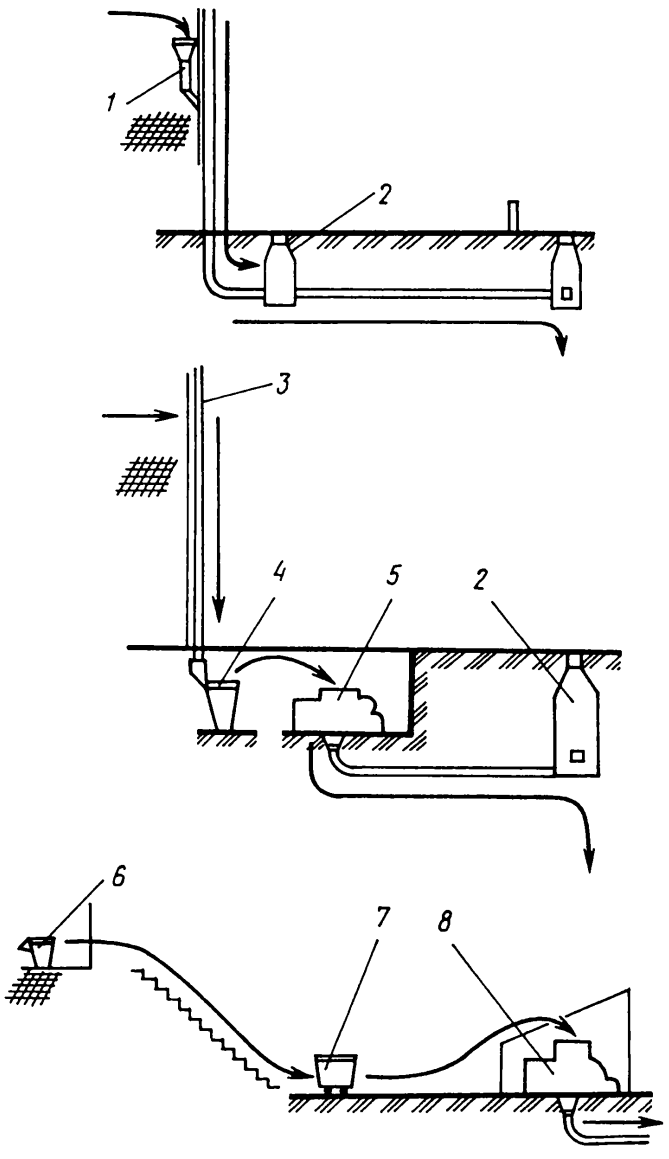



*Рис. 111. Сплавная система:*
*1 — квартирная мусородробилка; 2 — канализационная сеть; 3 — квартирный мусоропровод; 4 — мусоросборник в мусорокамере; 5 —дворовая мусородробилка; 6 — квартальные мусородробилки; 7 — дворовые мусоросборники; 8 — квартирный мусоросборник*

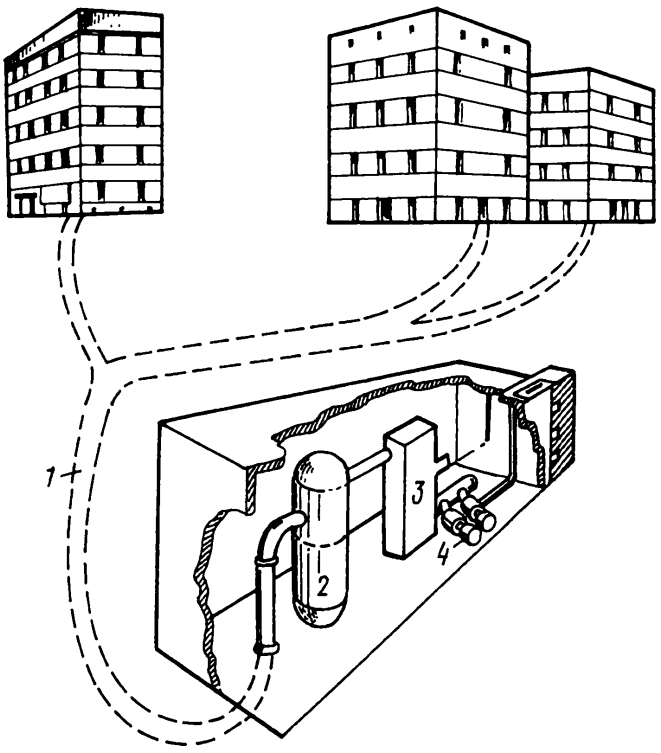



*Рис. 112. Мусоротранспортирующая пневматическая система:*
*1 — транспортирующий трубопровод; 2 —бункер для мусора; 3 — фильтры для очистки от пыли; 4 — воздухоотсасывающие турбины*

создания необходимого вакуума в системе применяются воздухоотсасывающие турбины. Трубопровод большего диаметра (около 60 см) подает отбросы из мусоропровода в центральный бункер. Прокладываются трубопроводы под землей на глубине 0,6 м. Загрязненный воздух проходит через фильтры для очистки его от пыли и через глушитель выбрасывается в атмосферу.

**Обезвреживание твердых бытовых отходов** — последний этап санитарной очистки городов. В процессе обезвреживания мусора уничтожаются находящиеся в нем болезнетворные микробы, малоустойчивые органические вещества переходят в стойкие, негниющие, а сложные органические соединения разлагаются на более простые неорганические (соли, кислота, вода). Обезвреживание твердых отходов играет существенную роль в охране окружающей среды, поскольку предотвращается загрязнение почвы, воздуха и воды, а мусор в санитарном отношении становится безвредным.

Процесс обезвреживания включает подготовку мусора к его использованию в качестве удобрения в сельском хозяйстве (органической части отходов) и в качестве вторичного сырья и утиля в промышленности.

Все существующие методы обезвреживания подразделяются на следующие группы: биотермические; ликвидационные (усовершенствованные свалки, мусоросжигание); переработка мусора на мусороперерабатывающих заводах.

Биотермические методы основаны на саморазогревании отходов до 50—70 °С под влиянием жизнедеятельности термофильных микроорганизмов, выделяющих тепло при использовании органической части мусора. Этот процесс происходит лишь в условиях надлежащей аэрации и затруднительной теплоотдачи. Наиболее интенсивно биотермические процессы протекают при влажности мусора около 40—60 % и при содержании в нем не менее 25 % органических веществ. В результате разогревания мусора до 50—70 °С и действия различных микроорганизмов уничтожаются микробы, личинки и куколки мух. Сам мусор под действием биохимических процессов превращается в перегной, применяемый в сельском хозяйстве в качестве удобрения.

Для использования твердых отходов как удобрения не обязательна его полная минерализация. Достаточно, если сложные соединения преобразуются в менее сложные и более устойчивые и, главное, негниющие. Процесс неполной минерализации носит название гумификации, а полученный материал называют гумусом, перегноем или компостом.

К биотермическим методам обезвреживания бытового мусора относится его переработка путем компостирования в штабелях, бескамерным способом с аэрацией и в биотермических камерах, а также в специальных установках. Из биотермических методов обработки отходов самым простым и наиболее распространенным является компостирование, при этом мусор укладывается в штабеля на открытых площадках, называемых полями компостирования. Переработка мусора может происходить в естественных условиях или с принудительной аэрацией, что сокращает срок его переработки с 10—12 мес до 70—120 сут.

Для ускорения процесса компостирования служат биотермические камеры. В таких камерах этот процесс протекает за 40—60 сут, а при искусственном подогреве — за 12—20 сут.

На длительность обезвреживания и переработки отходов можно воздействовать регулированием физико-химических факторов (измельчение, аэрация, влажность и пр.), а также применением биологического приема, который заключается в использовании бактериальных добавок. Бактериальный препарат содержит специально подобранные почвенные и свойственные естественному компостированию микроорганизмы, активно развивающиеся в условиях ускоренного компостирования отходов.

Помимо биотермических или биологических методов обезвреживания твердых отходов известны ликвидационные методы. К ним относятся усовершенствованные свалки и мусоросжигание.

Усовершенствованные свалки в отличие от методов компостирования мусора служат санитарным целям, но мусор как удобрение в этом случае не используется. На усовершенствованные свалки вывозят все виды твердых отходов, не содержащих ядовитых и радиоактивных веществ.

Усовершенствованные свалки — надежный метод обезвреживания твердых отходов, позволяющий в одном месте обезвреживать большое количество мусора и добиваться благоприятных условий в санитарном и эпидемиологическом отношениях. Под свалки используются непригодные участки — балки, овраги, карьеры и пр. На свалках происходит тот же процесс, что и при компостировании мусора, но он протекает длительное время, около 5—10 лет.

В связи с тем что обезвреживание мусора на усовершенствованных свалках требует значительных территорий, непригодных для сельскохозяйственного использования, которые часто отсутствуют вблизи города, то возникает необходимость возить отходы на большие расстояния. Необходимо также отметить, что все методы компостирования отходов дают существенный доход и должны применяться взамен усовершенствованных свалок.

Мусоросжигание широко распространено за рубежом (Великобритания, США, Япония и пр.). Применение этого способа оправдывается большими размерами накапливаемого в городе мусора, значительными расходами при его дальней перевозке и затруднениями в выделении участков земли для обезвреживания мусора.

На мусоросжигательных заводах, станциях и установках получают тепло, пар, шлак и золу. Пар и тепло служат для выработки электроэнергии и теплоэнергии, зола — в качестве удобрения, а шлак — как строительный материал.

Производительность мусоросжигательной печи зависит от ее конструкции и емкости камеры сжигания. В зарубежной практике применяются печи различной производительности, достигающей 1200 т/сут.

Мусороперерабатывающие заводы предназначены для подготовки к использованию всех составных частей твердых отходов, включая и его органическую часть. Технологическая схема завода включает предварительную подготовку мусора, отбор вторичного сырья, биологическую обработку и сжигание неутилизированных частей мусора.

Мусор сортируют по фракциям: металл, стекло, тряпье, резина и т.д. Отобранный материал дезинфицируют, моют, сушат, упаковывают и передают на производство. Оставшуюся органическую часть мусора перерабатывают в удобрения или вместе с неутилизируемыми фракциями сжигают в специальных печах (рис. 113).

В настоящее время в ряде стран, в том числе и в нашей стране, проводятся исследования и испытания новых технологических процессов обезвреживания отходов, таких, как пиролиз, метод «Гидромер» и др. Основные критерии оценки способов и методов обезвреживания, переработки и использования твердых бытовых отходов — эффективность решения задачи санитарного состояния города; народнохозяйственное значение переработки и использования мусора; технико-экономические показатели.

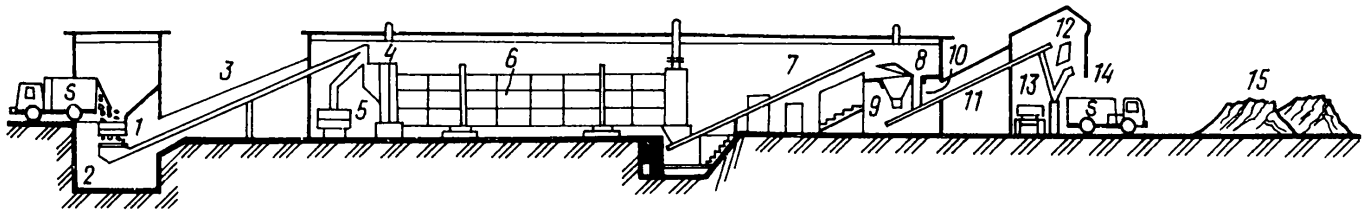



*Рис. 113. Технологическая схема мусороперерабатывающего завода:*
*1 — приемный бункер; 2 — пластинчатый питатель; 3, 7 — транспортеры; 4 — электромагнитный сепаратор; 5 — очистка металла; 6 — горизонтальный вращающийся барабан; 8 —грохот; 9 — течка компоста; 10 — течка отходов с грохота; 11 — транспортер с гладкой лентой; 12 — пластинчатый стеклоотделитель; 13 — прицеп для отходов со стеклоотделителя; 14 —самосвал для транспортировки компоста; 15 — штабели*

### *14.4. Охрана зеленых насаждений*

Благотворное влияние растительности и прежде всего лесов и садов на городской микроклимат отмечалось уже в древности. С развитием промышленности, ростом городов и все большей скученностью городской застройки возникают идеи создания «зеленых поясов» городов (Будапешт, Вена, Лондон и др.), концепции «города-сада» Э. Говарда, комплексного озеленения целых промышленных районов Р. Шмидта, «лучезарного», хорошо озелененного города Ле Корбюзье и др. Современные города немыслимы без внутригородского озеленения, и также без достаточно обширных и здоровых пригородных лесов — зеленых зон городов и лесов рекреационного назначения.

Известно, что город в целом неблагоприятно влияет на растительность и, в частности, на лес, а растительность, напротив, во многом способствует формированию здоровой городской среды.

**Нарушения растительного покрова.** Наиболее пагубное влияние на растительность в городах и пригородных зонах оказывают три основных фактора: комплексное воздействие урбанизированной среды (чрезмерные нагрузки на скверы, бульвары, парки; другие нарушения естественных условий роста растений и т.д.); загрязненность воздушного бассейна и почв; рекреационные нагрузки (вытаптывание, беспорядочный проезд транспорта, создание пожароопасной ситуации, физическое уничтожение).

Растительность в городе, особенно ее небольшие массивы и рядовые посадки вдоль улиц, сильно угнетена комплексным воздействием отрицательных факторов — уплотнением почв с нарушением водно-воздушного и температурного режимов, вызванных физическими нагрузками и воздействием электромагнитного излучения и вибрацией, обеднением питательными веществами, загрязнением свинцом и другими ядовитыми веществами. В городах, особенно в зонах с резко континентальным климатом, нередко создаются условия, близкие к условиям пустыни. Все это отражается на состоянии зеленых насаждений. Так, если в лесу липа достигает возраста 300—400 лет, то в городских парках — только 125—150 лет, на бульварах и улицах — 40—50 лет.

Рост территорий городов ведет к тому, что все чаще участки леса включают в городскую застройку. В целом для города это хорошо. Однако жизнь показывает, что естественный лес очень трудно уживается с городом. Особенно это относится к хвойным насаждениям, которые даже в крупных массивах в городских условиях преждевременно гибнут. Вредные выбросы промышленных предприятий приводят к тому, что растительность в радиусе 6—10 км вокруг тепловой электростанции металлургического или химического комбината полностью погибает в течение немногих лет. При этом наибольшие повреждения деревьев и кустарников наблюдаются у опушек, вдоль полей, рек, в черте городов, у наветренных кромок лесов.

Особенно пагубно для растений воздействие на них сернистого газа — наиболее массового загрязнителя воздушного бассейна. Сернистый газ, проникая в листья и хвою через устьица, реагирует с железом, входящим в состав хлорофилла, нарушает их каталитическую активность, а затем вызывает распад хлорофилла и гибель клетки. Этот процесс усугубляется ярким солнечным светом, высокой влажностью, возрастом растений и другими факторами. Скорее всего поражения проявляются у дуба, сосны и березы, значительно более устойчивы к неблагоприятным воздействиям американский клен, ясень и некоторые другие породы деревьев.

На межгородских территориях наибольшую угрозу наряду с загрязнением воздушного бассейна для растительности представляет массовый отдых городского населения. Число отдыхающих в пригородных зонах в 4—5 раз опережает рост населения городов. Организация массового отдыха населения порождает серьезные экологические проблемы, прежде всего связанные с превышением рекреационных нагрузок на ландшафт, возникновением пожароопасных ситуаций, а также с

физическим уничтожением многих представителей флоры пригородных лесов.

После 3—4 лет интенсивного использования лесных полян для их восстановления требуется не менее 5—6 лет. При плотности отдыхающих более 100 человек на 1 га естественное лесовосстановление полностью нарушается. Виновником 99 % лесных пожаров является человек, а количество грибов, ягод, цветов, лекарственных трав вокруг крупных городов сокращается значительно быстрее, чем растет число отдыхающих.

Особую угрозу для флоры и фауны представляет быстрый рост числа индивидуальных автомашин, беспорядочный въезд их в лесные массивы, к берегам рек и водоемов и т.д.

**Охрана растительности.** Мероприятия по охране растительности в городах весьма разнообразны. Прежде всего — это создание для системы зеленых насаждений условий, максимально приближенных к естественным, — правильный выбор места размещения зеленых насаждений; обоснованный, с учетом местных геоботанических условий, подбор ассортимента растений; надлежащий уход за ними, регламентирование посещаемости садов, парков и т.д.

Важное значение, особенно там, где многие вышеназванные требования по каким-либо причинам выполнить не удается, имеют инженерные мероприятия по защите и благоустройству зеленого убранства города — прокладка системы дорожек и аллей; проведение мелиоративных работ, в том числе недопущение весьма частого в условиях города подтопления территорий зеленых насаждений; проведение комплекса лесотехнических мероприятий, включая санитарные рубки насаждений, борьбу с вредителями и др.; устройство (там, где это необходимо) изгородей, поливка зеленых насаждений, сохранение птиц и мелких животных и др.

Охрана растительности от атмосферных загрязнений и в первую очередь от воздействия сернистого газа достигается путем подбора соответствующих пород деревьев и кустарников. Лучше всего усваивает сернистый газ эльдарская и черная сосны, американский клен, ясень, ива, можжевельник, бузина, жимолость, акация, лещина, шиповник, смородина, рябина и др., а среди однолетних — овес, пшеница и горох. Поэтому мерами защиты растительности наряду с установкой агрегатов по очистке производственных выбросов являются подбор ассортимента пылеустойчивых и газоустойчивых деревьев и кустарников, а также проведение необходимых планировочных мероприятий в пределах санитарно-защитных зон.

К общим планировочным мероприятиям, способствующим защите растительности, относятся формирование экологически устойчивой системы зеленых насаждений города со сбалансированным составом ее элементов (парков, садов, скверов и др.), правильным чередованием узловых и линейных элементов на территории города, обеспечение их связности и т.д. Подобный «природный каркас» города уже сам по себе обладает значительными экологическими возможностями и способен обеспечить весьма стабильное функционирование его элементов (рис. 114).

Главные мероприятия по охране пригородной и прежде всего лесной растительности наряду с инженерными мерами по повышению ее устойчивости к физическим нагрузкам и лесотехническими мероприятиями по улучшению породного состава, экологических и эстетических свойств леса — введение соответствующих, имеющих надежную правовую основу, режимов посещения тех или иных участков леса. Пригородные леса должны быть объектом планировки и в составе крупной урбанизированной территории (в схемах и проектах районной планировки генеральных планах городов), и как самостоятельные объекты — природные парки, зоны массового отдыха, лесопарки.

Пригородный лес — очень уязвимый в экологическим отношении организм, имеющий сложные и легко нарушаемые связи с городом, городской агломерацией. Поэтому не должно быть резкого перехода от урбанизированной среды к природной (за исключением особых слу-

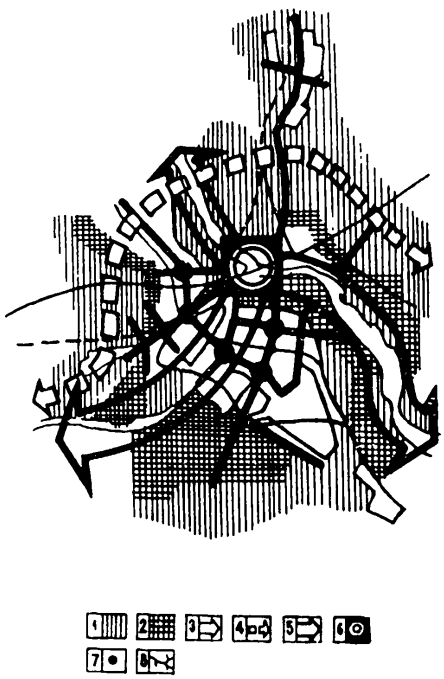


*Рис. 114. Природный каркас города:*
***1** — экологически активное природное окружение; **2** — лесопарковый защитный пояс; **3** — главные оси экологической активности; **4** — оси экологической активности; **5** — водно-зеленый диаметр; **6** — главные центры экологической активности; **7** — прочие центры экологической активности; **8** — озелененная застройка*

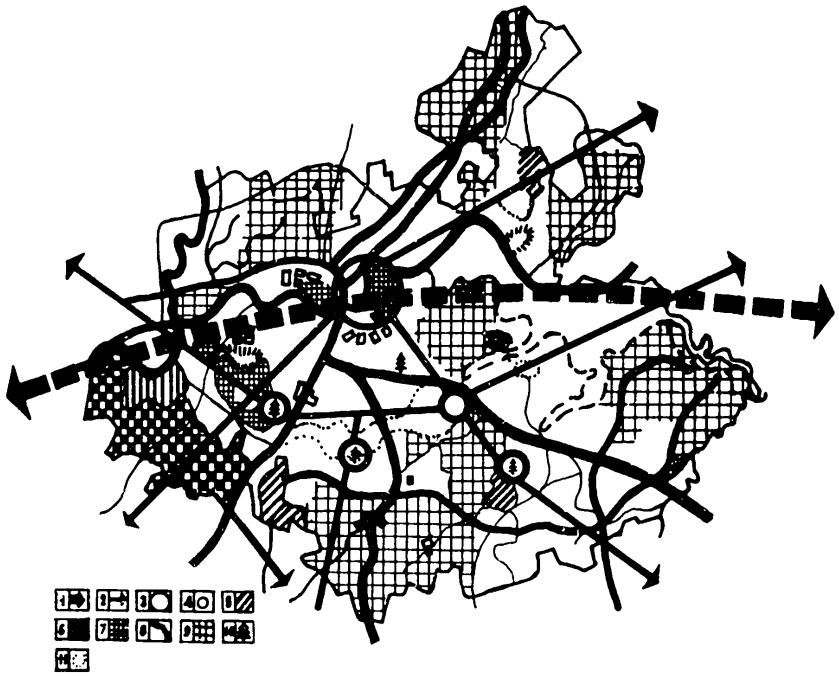


*Рис. 115. Природный каркас района:*
***1** — главные оси экологического равновесия; **2** — прочие оси экологического равновесия; **3** — главные узлы экологической активности; **4** — прочие узлы экологической активности; **5** — заповедники; **6** — заказники; **7** — зеленые зоны городов; **8** — охраняемые ландшафты; **9** — полезащитные леса; **10** — памятники природы; **11** — прочие леса первой группы*

чаев — строго охраняемых заповедников и др.). Подобный переход был бы губительным для природы. В условиях плотно заселенных пригородных территорий и огромных потоков отдыхающих места массового отдыха населения должны быть не только разнообразными, но и хорошо подготовленными в инженерном отношении, помимо естественных ландшафтов здесь должно быть достаточно лесопарков, водоемов, спортивных сооружений. Иначе говоря, речь идет о необходимости создания «природного каркаса» целого большого района, функциональные элементы которого наилучшим образом выполняли бы и экологические задачи (рис. 115).

Общая политика в отношении зеленых насаждений на урбанизированных территориях должна определяться конкретными требованиями к количественной и качественной характеристикам лесопосадок.

К количественной характеристике относится лесистость территории (т.е. доля заселенных участков), зависящая от конкретных условий, которая в городских агломерациях, крупных системах расселения не должна быть ниже 25—30 %.

К качественной характеристике зеленых насаждений прежде всего следует отнести систему насаждений в плане, ее структуру и состав. Как правило, до 90 % всех природных и культурных ценностей сосредоточено внутри естественных коридоров, которые проходят вдоль водных путей и водоразделов между ними. Проблема состоит в том, что по этим коридорам проходят и основные хозяйственные оси, вдоль которых сосредоточен огромный потенциал экономической и социальной жизни, располагается большинство городов. Поэтому и взаимодействие города и природы в этих местах особенно сильно. Пространственные формы такого взаимодействия соответственно должны быть не экстенсивными, а интенсивными. т.е. природная среда должна быть максимально разнообразной, что значительно повышает ее устойчивость к внешним воздействиям. В пределах урбанизированных территорий разнообразие

ландшафта, степень его мозаичности должны быть максимальными.

Чередование залесенных и открытых пространств, неодинаково прогреваемых солнцем, в летнее время способствует образованию восходящих воздушных потоков. В зоне избыточного увлажнения это явление приводит к замене обложных дождей кратковременными ливнями, уменьшению облачности и удлинению солнечного сияния. В зоне недостаточного увлажнения чередование полей, перелесков или лесных полос благоприятствует увеличению осадков. Мозаика из лесов, полян и вырубок, зарастающих молодыми растениями, в наибольшей степени соответствует сохранению генетического фонда, размножению птиц и зверей, поскольку обеспечивает им корм в любое время года.

Большую роль играют не только сравнительно крупные участки открытых зеленых пространств, но и рядовые посадки вдоль дорог, коммуникационных коридоров и др. Хорошим образцом таких «малых форм» в природе являются, например, живые изгороди в Великобритании, представляющие собой весьма сложную смесь деревьев и кустарников, зеленых растений, где обитают мелкие млекопитающие, певчие птицы и большое число беспозвоночных.

# Глава 15. Охрана поверхностных и подземных вод

Вода — основа органической жизни на Земле, важнейший элемент и участник большинства производственных процессов.

Запасы воды на планете весьма велики — около 1,5 млрд км$^3$. Но более 94 % из них приходится на соленые воды океанов и морей. Пресной воды, наиболее ценной и широко используемой человеком, не более 30 млн км$^3$. При этом большая ее часть — 97 % «законсервирована» в ледниках Антарктиды, Гренландии, некоторых горных систем. Вода озер и рек, покрывающих около 3 % суши, составляет не более 0,02 % объема гидросферы в целом. Процесс круговорота воды в природе способствует активному и постоянному «обновлению» водотоков и водоемов. Вода в руслах рек, например, сменяется в среднем каждые 12 сут, или 30 раз в течение года.

Для нормальной жизнедеятельности человека достаточно 300—400 л воды в сутки, т.е., учитывая, что население Земли превысило 5 млрд человек, в 1000 раз меньше, чем за это же время реки уносят в океан. Однако развитие промышленности, орошаемого земледелия, энергетики — причина того, что в действительности используется значительно большая часть устойчивого стока. Проблема осложняется и неравномерным распределением водных ресурсов. Так, в России более 8 % ресурсов поверхностных вод находится в сравнительно слабозаселенных северных и восточных районах.

Водная проблема все же не была бы столь острой, если бы не загрязнение водотоков и водоемов сточными водами, объем которых растет по мере стремительного расширения процесса урбанизации, развития промышленности и сельского хозяйства. Объем загрязненных вод на земном шаре приближается в настоящее время к 1000 км$^3$ в год, что составляет более 4 % годового речного стока. В среднем 1 м$^3$ сточных вод загрязняет 50—60 м$^3$ чистых, и это ведет к тому, что фактическое потребление воды увеличивается в десятки и сотни раз. В ряде стран водные ресурсы практически исчерпаны. Некоторые даже весьма крупные реки загрязнены настолько, что использовать их в качестве мест купания, не говоря уже о питьевом водоснабжении, стало невозможным. Еще в более серьезном положении оказались замкнутые, бессточные водоемы — озера, биологическая активность в которых сильно понижена вследствие отсутствия в них достаточно мощных течений, способствующих перемешиванию воды и насыщению ее кислородом. Угроза загрязнения нависла также и над многими морями, даже над Мировым океаном.

Большую опасность представляет загрязнение подземных водоносных го-

ризонтов вследствие фильтрации воды, содержащей токсичные вещества, в основном в местах размещения городских свалок, скотомогильников, а также из-за практикующейся еще, к сожалению, закачки промышленных сточных вод в подземные пласты.

Загрязнение поверхностных и подземных вод наносит большой ущерб экономике многих стран как вследствие потерь в рыбном хозяйстве, непомерно высоких расходов на водоподготовку, более активной коррозии металлических частей подводных конструкций и гидравлических агрегатов, так и вследствие повышенной заболеваемости населения, пользующегося водой недостаточно высокого качества. Все это определяет большую народнохозяйственную важность охраны водного бассейна.

### *1.5.1. Взаимодействие города и водного бассейна*

Влияние города на водный бассейн определяется забором воды на производственные и коммунально-бытовые нужды, сбросом промышленных стоков, спуском хозяйственно-бытовых сточных вод, а также загрязнением водного бассейна ливневыми сточными водами. Все эти факторы непосредственно зависят от численности населения города или городской агломерации, застроенной площади, развития водоемких отраслей промышленности, объемов водопотребления и т.д.

**Особенности загрязнения водного бассейна.** В составе сточных вод большинства городских агломераций крупных городов преобладают стоки промышленных предприятий (70—80 % всех стоков). Токсичность хозяйственно-бытовых и производственных стоков неодинакова и в большей степени зависит от характера производства. В целом считают, что производственные стоки в 4 раза более ядовиты, чем коммунально-бытовые. Так, если говорить о влиянии крупной агломерации с населением 2 млн человек на водный бассейн, то общие нагрузки на гидросферу будут равны воздействию примерно 10 млн эквивалентного числа жителей.

Воздействие на водный бассейн исследуется посредством изучения динамики и взаимодействия различных параметров — скорости течения реки, расходов воды, температуры, цветности, содержания в ней взвешенных веществ, кислотности воды, содержания микроэлементов, нефти, моющих средств и т.д. Наиболее общий критерий при этом — величина биологической потребности воды в кислороде ($БПК_в$ или $БПК_{полн}$), т.е. количество кислорода (в мг), необходимое для окисления органических загрязнений в 1 л воды. Чем выше БПК, тем более загрязнена вода. Водоем можно считать практически чистым, если $БПК_{полн}$ воды в нем не превышает 5—6 г/м$^3$.

Взаимодействие гидросферы и городов в современных условиях можно охарактеризовать следующими особенностями: очень большой концентрацией антропогенных нагрузок на водный бассейн вследствие огромных размеров городских агломераций и отдельных городов, сосредоточения в них вредных в санитарном отношении отраслей промышленности, гигантскими объемами ливневого стока с урбанизированных территорий и т.д. множественным воздействием человека на гидросферу как по своему характеру, так и по месту. В любом большом городе, в любой агломерации имеются сотни источников загрязнения водного бассейна, что в большой степени осложняет общую картину загрязнения; большой подвижностью водной среды, которая способствует переносу загрязнений на значительные расстояния, а каскадное загрязнение того или иного бассейна приводит к сохранению высоких уровней загрязнения рек в пределах городов или городских агломераций; возрастанием обратных отрицательных реакций гидросферы на антропогенные воздействия по мере роста и концентрации интенсивности этих воздействий на водный бассейн.

Загрязнение подземных вод происходит, как правило, в значительно меньших масштабах (за исключением тех случаев, когда в подземные горизонты закачиваются сточные воды промышленных пред-

приятий). Однако и самоочищающая способность у подземных вод значительно ниже. Главные источники загрязнения подземных вод — свалки и потери в канализационной сети, которые могут достигать 10 % объемов сточных вод. Воды, стекающие со свалок, загрязнены химически и бактериально, как правило, в 10 раз сильнее, чем обычно хозяйственно-бытовые стоки.

Загрязнение почвенного покрова и подземных вод нефтью и нефтепродуктами в концентрации даже $1{:}10^6$ могут сделать воду непригодной для питья. Нефть также закупоривает поры фильтрационного пояса почв. Подобное загрязнение может держаться в зоне грунтового водосбора в течение нескольких десятилетий.

**Способность природных вод к самоочищению.** Взаимосвязи городов с гидросферой в большой степени определяются способностью последней к самоочищению.

Самоочищение — сложный естественный процесс биологического обмена веществ, при котором действуют многообразные физические (адсорбция, коагуляция, дисперсия или седиментация веществ), химические (окисление, восстановление и превращение вещества) и биологические процессы, большинство которых связано с деятельностью микроорганизмов и их ферментных систем.

Взаимодействие биологически активной воды с загрязнениями характеризуется тремя наиболее важными явлениями: образованием придонного ила, содержащего органические вещества, принесенные сточными водами; евтрофизацией воды с повышением в ней содержания неорганических веществ (прежде всего фосфора и азота); отравлением водной биоты различными токсинами (соли тяжелых металлов, цианиды и др.). Все эти явления ведут к развитию в гидросфере обратных реакций на загрязнения, сопровождающиеся активизацией метаболических процессов самоочищения в водной среде. Если все эти явления в достаточной степени уравновешены и не идут один в ущерб другому, водный бассейн находится в активной фазе самоочищения и экологически устойчив. Напротив, нарушение обратных связей ведет к угнетению той или иной подсистемы саморегуляции.

Неглубокие реки с бурным течением имеют высокую самоочищающую способность. Турбулентный режим течения малых рек способствует разбавлению различных примесей, а процесс диффузии активизирует окислительные реакции. При полном самоочищении в водоеме восстанавливается естественный химический состав воды и нормальный режим течения природных биохимических процессов.

Реки с медленным течением, с застойными акваториями более подвержены загрязнению (и особенно евтрофизации). Сильно замедляются процессы самоочищения при низких температурах воды, под покровом льда, поскольку биохимическая активность водоема в таких условиях понижается в несколько десятков раз.

В среднем водоем можно считать биологически загрязненным, если концентрация биомассы в воде превышает 10 мг/л. Устойчивое загрязнение водоема (как биологическое, так и химическое) свидетельствует о том, что система его самоочищения нарушена, угнетена и не справляется с последствиями евтрофизации или отравления. В этих случаях на помощь должны прийти методы искусственной очистки водоемов.

### *15.2. Мероприятия по охране водного бассейна*

При решении проблемы очистки водного бассейна необходимо в первую очередь использовать потенциальную способность водоемов и водотоков к самоочищению. Эта способность очень часто нарушается вмешательством человека. Например, строительство гидротехнических сооружений на Рейне, Дунае и других реках сопровождалось катастрофическими экологическими последствиями, поскольку изменение гидравлического режима рек изменяет и степень аэрации и снабжения кислородом воды в них, нарушает биологические и биохимические

процессы в водной среде, способность ее к естественному самоочищению.

Поэтому необходимо внедрять в практику гидротехнического строительства инженерно-биологические методы — регулирование стока рек проводить с учетом естественных гидрологических, экологических и геоботанических свойств реки и поймы, сохраняя большие меандры, создавая донные пороги для предотвращения нежелательной глубинной эрозии, охраняя и приумножая растительность по берегам рек. Все это способствует повышению биохимической активности рек, а следовательно, является важной предпосылкой очистки водного бассейна. Проведение различных гидротехнических работ (спрямление русел, строительство набережных, плотин, шлюзов и др.) особенно характерно для урбанизированных территорий, городских и пригородных местностей, ландшафт которых более всего изменяется человеком. Самоочищения воды в этих условиях, как отмечалось выше, чаще всего уже бывает недостаточно.

**Способы очистки сточные вод.** Решение проблемы нейтрализации загрязненных стоков идет путем максимального сокращения сброса загрязненных стоков в водоемы и их эффективной очистки. При этом существует большое число комбинаций этих методов в зависимости от конкретных условий.

Стремление сократить сброс сточных вод в особо ценные водотоки привело к тому, что в одних странах (США, Бельгия и др.) отдельные реки сознательно превращены в сточные канавы, а в других (Великобритания), напротив, предпринимаются меры по охране всех рек без исключения.

При очистке сточных вод широко используют способность рек к самоочищению, и многие водоочистные системы работают в комбинации с последующим разбавлением очищаемых стоков. В США, например, эта система принята и на перспективу. При этом ожидают, что сточные воды к 2000 г. будут очищаться не менее чем на 60 %. Оставшиеся загрязнения предполагается нейтрализовать разбавлением их чистой водой, для чего создается большое число специальных водохранилищ.

Имеется много способов очистки сточных вод, которые образуют три основные группы очистки: механической, биологической и физико-химической. Чаще всего все эти методы дополняют друг друга, а очищенные сточные воды идут на вторичное использование (орошение сельскохозяйственных культур, подпитку подземных вод и др.).

**Механическая очистка** стоков служит для удаления из них твердых и взвешенных частиц и обеспечивает нормальные условия для последующей ступени очистки — биологической. Взвешенные частицы удаляют путем отстаивания или фильтрации стоков. Этот способ очистки, как наиболее элементарный, сравнительно дешев, но не обеспечивает надежной очистки сложных многокомпонентных стоков современных городов.

Сущность **биологической очистки** состоит в том, чтобы искусственно воспроизвести естественные условия для значительно более быстрого, чем в природе, разложения химических соединений до элементарных форм, пригодных для ввода в биологический круговорот. При этом используют свойство почвы как более сильного окислителя и биологически активного элемента, чем вода, и устраивают земледельческие поля орошения или поля фильтрации, которые дают возможность получать дополнительную сельскохозяйственную продукцию, благодаря внесению со сточными водами удобрений в виде органических соединений, а также соединений азота и фосфора.

Необходимость еще более активизировать процесс очистки привела к созданию аэротенков и биофильтров, в которых специальные культуры микроорганизмов при усиленной подаче кислорода нейтрализуют органические загрязнения в несколько раз быстрее. Аэротенки и биофильтры занимают в 100—150 раз меньше места и значительно более производительны, чем земледельческие поля орошения и поля фильтрации. Биологи-

ческая (или биохимическая) очистка стоков и в перспективе останется наиболее массовым видом обезвреживания сточных вод, особенно в крупных городских агломерациях, где доля хозяйственно-бытовых стоков весьма велика.

Основной недостаток биологической очистки — ее малая пригодность для обеззараживания многих промышленных стоков (в частности, стоков анилино-красочной промышленности, стоков, содержащих соли тяжелых металлов и др.), а также стоков, в которые входят биогенные вещества — сульфаты, нитраты. Поэтому все большее внимание уделяется созданию и внедрению **физико-химических методов очистки** (дистилляция, вымораживание, обратный осмос и др.).

Стоимость очистки сточных вод многократно возрастает по мере повышения степени очистки и при переходе от биологического к физико-химическим методам очистки. Так, если стоимость очистки сточных вод до 95 % принять за единицу, то следующие 2 % обойдутся в 6—7 раз дороже, а при возрастании степени очистки на каждый следующий процент необходимо уже в 10 раз больше средств, чем затрачивается на предыдущую степень в целом.

В настоящее время наиболее прогрессивными, особенно в крупных городах и городских агломерациях, считаются локальная физико-химическая очистка промышленных стоков, совместная их биохимическая очистка с хозяйственно-бытовыми стоками и повторное использование очищенных сточных вод для различных нужд (рис. 116).

Процесс физико-химической очистки сточных вод требует электроэнергии, воздуха, реагентов, активированных углей, специальных смол. В этих условиях малые очистные сооружения не эффективны, поэтому во многих странах строят крупные очистные станции регионального типа. Так, станция Могден в Лондоне объединила 29 очистных сооружений. В США построены крупнейшие региональные очистные сооружения на оз. Вашингтон, оз. Сан-Диего и др. В Москве построено 10 очистных систем (отстойные пруды, земснаряды и др.) и 4 крупные кустовые системы регионального типа, обслуживающие более 100 промышленных предприятий.

Повторное использование сточных вод после трехступенчатой очистки может идти в разных направлениях, но наиболее перспективно использование стоков на орошение земель пригородной сельскохозяйственной базы. Так, в России в перспективе возможно образование 25—30 км$^3$ хозяйственно-бытовых и 3—4 км$^3$ сель-

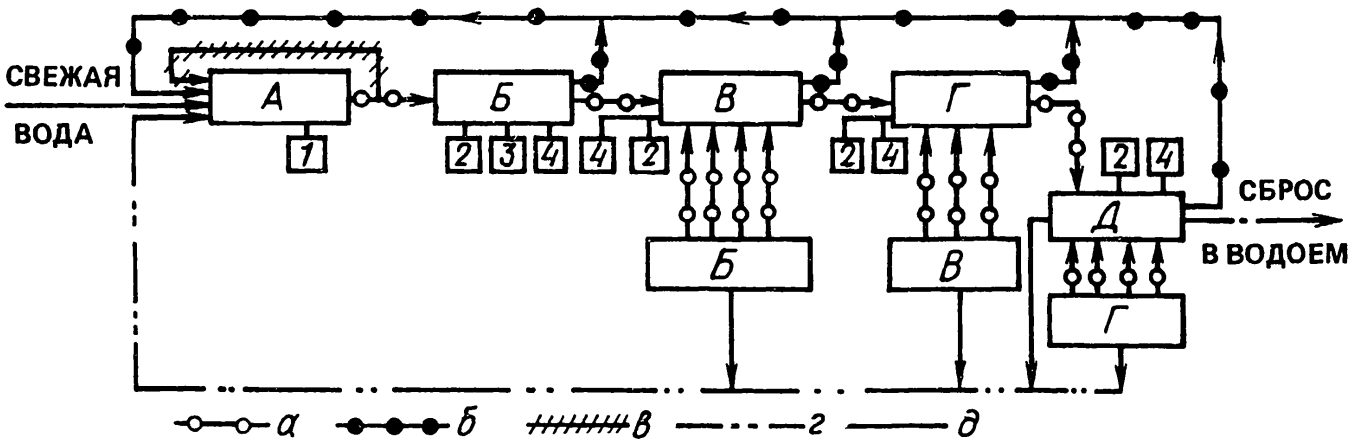



*Рис. 116. Схема биохимической очистки сточных вод:*
***А** — технологический процесс; **Б** — локальные очистные сооружения; **В** — заводские очистные сооружения; **Г** — региональные очистные сооружения; **1** — изменение технологического процесса с целью уменьшения сброса сточных вод, замены токсичных и биохимически неокисляемых потребляемых в технологии веществ на биохимически окисляемые; **2** — очистка сточных вод с целью их повторного использования; **3** — повторное использование неочищенных сточных вод в технологических процессах; **4** — очистка сточных вод с целью утилизации и использования ценных веществ; **а** — сточные воды; **б, в** — повторно используемые очищенные сточные воды; **г** — утилизированные вещества; **д** — свежая вода*

скохозяйственных стоков. Ими можно оросить 6 млн га полей, которые получат не менее 5 млн т азота, 4 млн т аммиачного азота, 0,9 млн т фосфора, 4 млн т калия и 6 млн т кальция.

Охрана подземных вод может осуществляться пассивными и активными мерами. К пассивным относятся наиболее важные профилактические мероприятия: размещение городских свалок и других опасных в санитарном отношении объектов в районах с соответствующей гидрогеологической и геологической ситуацией, контроль за использованием химических удобрений, эксплуатацией свалок и т.д. К активным мероприятиям относится прежде всего сооружение защитных устройств — канав для сбора сточных вод вдоль границ зоны охраны подземных водоисточников, бетонных или глиняных заграждений на путях распространения сильно загрязненных стоков и т.д.

**Пути решения проблемы загрязнения водного бассейна в перспективе.** Помимо методов очистки сточных вод, нашедших широкое применение в современной практике, ведутся экспериментальные работы по внедрению принципиально новых приемов охраны водных ресурсов. Так, открыты культуры микроорганизмов, уничтожающих углеводородные загрязнения, что весьма важно для борьбы с загрязнением рек и морей нефтью и нефтепродуктами. В ряде мест практикуется продувка особенно загрязненных участков рек кислородом, что значительно снижает БПК воды. Разработаны теоретические схемы управления водными ресурсами, основанные на комплексе взаимодействующих мероприятий — нагрева нижних слоев воды для лучшего перемешивания, устройства очистных станций, гидротехнических сооружений и т.д. Оптимальное сочетание всех этих технических приемов может совершенствоваться и варьироваться в соответствии с сезоном, погодой, гидрологическим режимом и т.д.

В США разработан метод выращивания хлореллы на городских стоках. Хлорелла кормится органическими остатками, очищает стоки и изменяет в процессе своей жизнедеятельности кислотность сточных вод таким образом, что погибают гнилостные и другие болезнетворные бактерии. Имеются и другие аналогичные экспериментальные разработки. Однако самый перспективный метод очистки водного бассейна — повсеместный переход промышленности и сельского хозяйства на водосберегающие технологии и, в частности, на оборотное водоснабжение.

В будущем очистные сооружения в сфере производства утратят свою ведущую роль в охране водного бассейна. И дело не только в том, что строительство и эксплуатация очистных сооружений чрезвычайно дороги (до 20—30 % стоимости промышленного комплекса в целом). Главный недостаток любой системы очистки в том, что она не производит для общества необходимой продукции, лишь возвращая природе то, что было у нее взято. Иное дело системы реутилизации, оборотное водоснабжение, безотходная технология.

Переходу на оборотное водоснабжение способствует совершенствование технологических циклов. Например, если на Ярославском нефтеперерабатывающем заводе (проект 1957 г.) для переработки 1 т нефти расход воды составил 8 $м^3$, то при проектировании Ачинского НПЗ с более совершенной технологией расходы воды на 1 т нефти удалось сократить до 0,12 $м^3$.

Решение задачи оборотного водоснабжения совместно для промышленности и коммунального хозяйства осуществлено, например, на Первомайском промышленном узле в Крымской области. Водооборотный цикл включает биохимическую и физико-химическую очистку сточных вод химического завода, ТЭЦ и города, последующую доочистку с возвратом в систему водоснабжения 20 тыс. $м^3$ очищенной воды в сутки. Таким образом, повторное использование воды достигает здесь 97 %. Вместе с тем приведенный пример — лишь начало решения проблемы. Задача состоит в том, чтобы по возможности совсем отказаться от использования традиционных очистных сооружений, обеспечив замкнутые

водообороты новой совершенной безотходной или малоотходной технологией.

Главным в перестройке технологических процессов на безотходный режим являются максимальное сокращение водопотребления и минимизации сброса промышленных стоков в водоемы. Методы удаления примесей из стоков могут быть весьма различны: термический (выпаривание) — применяется в нефтехимической и химической промышленности, огневого обезвреживания, при котором сточные воды в распыленном состоянии вводятся в горелки, в результате чего происходит испарение минеральных веществ, — применяется в химической промышленности. Одна из основных проблем, затрудняющих широкое внедрение всех этих методов и в целом замкнутых водооборотов в практику, — очень большое потребление энергии.

# Глава 16. Охрана воздушного бассейна

Атмосфера Земли снабжает все живое планеты кислородом и углекислым газом, является своеобразным щитом, предохраняющим поверхность Земли от проникновения большей части губительных космических излучений и метеоритов, обеспечивает изоляцию от абсолютного холода космического пространства, перераспределение тепла, регуляции сложнейших метеорологических процессов, обусловливающих климат планеты, изменение погоды, служит акустически активной средой, а также выполняет много других функций, жизненно важных для человека.

Хозяйственная деятельность людей внесла существенные коррективы в динамику газового состава атмосферы. Антропогенные воздействия на атмосферу определяют в основное два процесса — извлечение и использование составляющих ее газов и загрязнение воздушного бассейна. Все это существенно нарушает не только физическую и химическую структуру атмосферы, но, что самое главное, ведет к изменению в худшую сторону ее экологических свойств.

Масса атмосферы $5 \cdot 10^{14}$ т, т.е. почти в 20 тыс. раз больше, чем весит все живое на планете. Ежегодно в результате фотосинтеза зеленые растения Земли пополняют атмосферу 400 млрд т кислорода. Убыль кислорода из атмосферы происходит в результате потребления его живыми организмами, окислительных процессов на поверхности суши и океане и в последние несколько тысячелетий — в результате антропогенной деятельности.

Огромные масштабы промышленного производства, энергетики, развитие транспорта привели к тому, что в настоящее время ежегодно «сжигается» не менее 10—12 млрд т кислорода, т.е. почти на порядок больше того его количества, которое пополняет воздушный бассейн. Одновременно в атмосферу выбрасывается до 14 млрд т углекислого газа, который накапливается в ней, поскольку зеленые растения и океан не могут усвоить такое количество.

Ежегодно в воздушный бассейн помимо углекислого газа выбрасывается огромное количество пыли и аэрозолей, более 150 млн т угарного газа, примерно такое же количество оксида азота, сернистого газа, других опасных соединений. Проблема усложняется еще и тем, что антропогенные загрязнения атмосферы в отличие от природных концентрируются на сравнительно небольших участках земной поверхности — в промышленных районах городских агломераций, крупных городах. Так, в промышленных городах загрязненность атмосферы в 15 раз выше, чем в сельской местности, и в 150 раз превышает загрязненность воздуха над океаном.

Загрязнение атмосферного воздуха наносит большой ущерб здоровью людей, ведет к преждевременному износу механизмов и машин, разрушению построек, в том числе ценнейших памятников архитектуры. Так, в США смертность от рака органов дыхания в крупных городах в 2—3 раза выше, чем в сельской местности, а смертность от эмфиземы легких за последние два десятилетия возросла в

10 раз. Загрязненность воздуха в значительной степени снижает сопротивляемость и к другим, прежде всего респираторным заболеваниям.

Увеличение загрязненности атмосферного воздуха в 2 раза сокращает срок службы промышленного оборудования в 1,5 раза, урожайность сельскохозяйственных культур в зоне действия предприятий цветной металлургии на 40—60 % ниже обычной. Только в США ежегодный ущерб от загрязнения воздушной среды оценивается в 30 млрд долларов.

### *16.1. Причины и особенности загрязнения воздушного бассейна*

Атмосфера загрязнялась и до появления человека. Ее естественное загрязнение происходит и сейчас — в основном от извержения вулканов, лесных пожаров, пыльных бурь и других явлений природы. Фоновое естественное загрязнение атмосферы в индустриальную эпоху значительно усилилось антропогенными загрязнениями, главные из которых — двуоксид углерода, аэрозоли, пыль, сернистый и угарный газы, оксид азота, тяжелые металлы и др.

**Причины загрязнения атмосферы.** Основные источники загрязнения атмосферы — энергетика, промышленность, транспорт (особенно автомобильный), коммунально-бытовой сектор, сельское хозяйство. В США автотранспорт является виновником 60 % всех атмосферных загрязнений, 20 % приходится на тепловые электростанции и 20 % — на остальные источники. В нашей стране доля загрязнения воздушного бассейна автотранспортом составляет 20—30 % (в Москве несколько выше) и первое место в этом отношении принадлежит промышленности и энергетике.

Современное промышленное предприятие потребляет огромное количество сырья, переработка которого связана с выбросом в атмосферу различных (в зависимости от профиля предприятия) загрязнений. Особенно опасны в этом отношении теплоэнергетические системы. Современная крупная ТЭС сжигает ежедневно несколько составов угля. И если учесть, что при сгорании 1 т каменного угля в среднем выделяется 34 кг сернистого газа и 10 кг пыли, можно представить, сколько этих загрязняющих веществ выделяется в атмосферу. Поэтому в районах, насыщенных различными промышленными предприятиями, атмосфера загрязнена чрезвычайно сильно. Особенно тяжелое положение сложилось в этом отношении в крупнейших промышленных районах и городах капиталистических стран. Так, на 1 км площади Токио выпадает 34 т, Нью-Йорка — 30 т, промышленных районов Йоркшира, Ланкастера, Южного Уэльса (Великобритания) — более 50 т, Рурского промышленного района (ФРГ) — более 200 т пыли в год.

Автомобильный транспорт также сильно загрязняет атмосферу оксидами углерода, азота, углеродами, соединениями свинца и другими веществами. При значительной концентрации под влиянием солнечных лучей они вступают в сложные соединения, образуя так называемый фотохимический смог, который впервые был обнаружен в Лос-Анджелесе (США) в конце 40-х гг. Виновниками фотохимического смога в этом городе оказались почти 4 млн автомобилей, выбрасывавших в воздух ежедневно 1,5 тыс. т угарного газа, 2 тыс. т углеводородов, 530 т оксида азота и 20 т свинца. Высказываются предположения, что если в Азии когда-нибудь будет 1 млрд автомобилей (что теоретически вполне возможно, так как уже сегодня во всем мире около 400 млн автотранспортных средств), то удушливые выхлопные газы могут достичь берегов Америки, несмотря на разделяющий два континента огромный Тихий океан.

Сложные экологические проблемы порождает современный авиационный транспорт (особенно сверхзвуковой). По своей токсичности современный реактивный лайнер эквивалентен 7 тыс. автомобилей. Если принять во внимание, что число воздушных кораблей такого класса во всем мире превысило 8 тыс. (не считая военных самолетов), то ущерб, на-

носимый атмосфере этим видом транспорта (сжигание кислорода, загрязнение воздушного бассейна, в том числе в плотно населенных районах, разрушение озонового экрана атмосферы и др.), представляется весьма значительным.

Коммунально-бытовой сектор загрязняет воздушный бассейн преимущественно оксидами азота, серы, пылью, угарным и углекислым газами. В общем балансе загрязнений коммунально-бытовые выбросы занимают весьма скромное место, хотя при печном отоплении (особенно в небольших городах, где промышленность развита слабо) доля этого вида загрязнений атмосферного воздуха может быть весьма большой. Практика показывает, что в крупных городах доля коммунально-бытовых загрязнений все время падает вследствие централизации теплоснабжения, переводу теплоцентралей на газ, ликвидации малых котельных, печного отопления, а также в результате развития промышленности и роста парка автомашин.

Сельское хозяйство загрязняет воздушный бассейн пылью (при пахоте, других сельскохозяйственных работах), минеральными удобрениями, аммиаком, ароматическими и другими веществами. Воздействие сельскохозяйственных производств на воздушный бассейн, конечно, нельзя сравнить с влиянием на него крупных промышленных предприятий, но индустриализация сельского хозяйства привела к тому, что стало необходимым учитывать экологические последствия и этого явления. Так, радиус зоны дискомфорта (наличие неприятных запахов и др.) современного крупного свиноводческого или птицеводческого комплекса на промышленной основе может достигать при соответствующих метеорологических условиях 10—12 км.

Как правило, большинство из указанных источников загрязнения воздушного бассейна (в ряде случаев включая и сельскохозяйственное производство) на городских и пригородных территориях действуют одновременно. Комплексность воздействия, как и значительные объемы выбросов в атмосферу, во многом определяют особенности загрязнения воздушного бассейна в городах.

**Особенности загрязнения воздушного бассейна.** Города, взаимодействуя с атмосферой, оказывают на нее все большее влияние, испытывая на себе ответные реакции. В целом сила и интенсивность прямого воздействия города неадекватны обратным воздействиям воздушной среды в данной точке вследствие исключительно высокой подвижности атмосферы. При соответствующих метеорологических условиях особенно мощные локальные очаги загрязнения (крупные города, промышленные районы) приобретают региональный характер. Так, влияние центральных промышленных районов Англии сохраняется за 300 км в Ирландии, нередки случаи выпадения так называемых черных или кислых дождей в Швеции или Норвегии вследствие переноса загрязненных масс воздуха из промышленных районов ФРГ, Бельгии и Северной Франции через Северное и Балтийское моря, а вещества, загрязняющие атмосферу в Техасе, обнаруживаются в Цинцинатти (штат Огайо) на расстоянии 1600 км.

В зависимости от конкретных условий последствия загрязнения воздушного бассейна на разных территориальных уровнях ощущаются неодинаково.

На глобальном и континентальном уровнях главным образом проявляются последствия загрязнения атмосферы углекислым газом и оксидами азота (изменение климата, эффект «парника», разрушение озонового экрана, изменение газового состава атмосферы). Эти изменения ощущают на себе все люди, в какой бы точке планеты они ни находились, независимо от того, являются ли их поселения виновниками тех или иных нарушений в атмосфере.

На макротерриториальном уровне (части отдельных континентов, крупных стран и их большие регионы) вполне реальна миграция аэрозолей (серной кислоты и сульфатов), мелких частиц пыли и др. Поэтому отдельные населенные пункты и даже целые системы расселения могут испытывать на себе вредное

влияние этих веществ, выброшенных в атмосферу в другой части рассматриваемой территории.

На мезотерриториальном уровне (малые страны, отдельные промышленные районы, городские агломерации) при соответствующих метеорологических условиях вполне вероятно загрязнение данной территории помимо перечисленных веществ пестицидами, солями тяжелых металлов, сернистым газом. На микротерриториальном уровне, т.е. в отдельных городах и других населенных пунктах, к названным выше загрязнителям добавляются углеводороды, пыль и другие вещества, миграция которых на более значительные расстояния затруднена их физическими и химическими особенностями.

Таким образом, наиболее сильно ощущаются обратные отрицательные реакции от загрязнения атмосферы в локальных точках — крупных городах, в которых сосредоточен основной промышленный потенциал и подавляющая часть транспортных средств. Одновременное проявление в таких городах всех рассмотренных выше последствий загрязнения атмосферы определяет не только высокие количественные, но и качественные характеристики загрязнения воздушного бассейна. Так, в воздухе крупнейших городов США обнаружено свыше 40 различных веществ, не существующих в природе, помимо 12 известных.

Выявлены также закономерности зависимости уровней загрязнения атмосферы от величины города, его народнохозяйственного профиля, числа автомобилей и некоторых других факторов. Например, в городах с населением свыше 500 тыс. жителей концентрация наиболее распространенных загрязнений, как правило, в 1,5—2 раза выше, чем в малых городах; в атмосфере городов, развивающихся на базе металлургической и нефтеперерабатывающей промышленности, содержание сернистого газа в 2—3 раза выше, чем в поселениях такой же величины, но иного народнохозяйственного профиля; при увеличении в городе числа автомобилей с 10 до 50 тыс. концентрация угарного газа в приземном слое воздуха возрастает в 2—4 раза и т.д.

Атмосфера не обладает способностью аккумулировать вредные вещества и с течением времени самоочищается: немногие загрязнения поднимаются на высоту более 3 км. Особенно быстро выпадают крупные частицы пыли, время оборачиваемости которых не превышает 2 недель. Аэрозоли удаляются из атмосферы путем прямого выпадения или же вымываются из нее осадками. Тем не менее в большинстве промышленных районов, городских агломерациях, крупных городах, где темпы выбросов в атмосферу приближаются к скорости их рассеивания и выпадения, возникают критические ситуации, которые в целом и определяют сложность проблем по очистке воздушного бассейна.

Степень загрязненности воздушного бассейна зависит от многих естественных и антропогенных причин. Совокупность физико-географических и в первую очередь метеорологических условий (частота и сила ветра, интенсивность и сумма годовых осадков, особенности рельефа и т.д.) явилась базой для разработки специального показателя — метеорологического потенциала загрязнения, характеризующего активность той или иной территории к самоочищению. Так, при удалении городов и городских агломераций от морских побережий, размещении их в депрессивных районах (со штилями, вызывающими явления температурных инверсий, застоев воздуха, при которых прекращается или сильно ослабевает вертикальное перемещение воздушных масс, в межгорных понижениях и т.д.) значительно увеличивается помутнение воздуха, содержание в нем вредных газообразных веществ. Зимой загрязненность воздуха обычно бывает выше, чем летом. По потенциалу загрязнения территория России разделена для низких и высоких источников выброса на зоны низкого, умеренного, повышенного, высокого и опасного потенциалов загрязнения.

Вследствие сочетания природных и антропогенных воздействий на атмосферу в городах и городских агломерациях

формируется свой особый метеорологический режим. В крупных городах температура в центре города обычно на 2—4° выше, чем на периферии, а скорость ветра на 30—40 % меньше, чем на открытых пространствах. Добавочный нагрев воздуха над городом приводит к образованию ветров, направление которых всегда бывает от периферийных к центральным районам. Скорость таких ветров в зависимости от разности температуры центральных и периферийных районов достигает 2—4 м/с.

Наиболее характерное проявление микроклимата на урбанизированных территориях — образование над ними тепловой шапки, так называемого острова тепла, имеющего куполообразную форму. Причинами образования острова тепла служат изменение альбедо (отражательной способности) земной поверхности, которое в городах с интенсивной застройкой меньше альбедо открытых пространств; изменение среднего испарения с земной поверхности, которое в центральных частях городов значительно ниже; выделение добавочного тепла вследствие интенсивной антропогенной деятельности на территории города — количество антропогенного тепла соизмеримо с количеством солнечной энергии, поступающей на территорию города.

Вследствие образования острова тепла понижается относительная и абсолютная влажность, возникают восходящие конвективные движения над городами, уменьшается скорость ветра, увеличиваются облачность и количество осадков, растет повторяемость туманов типа смога, уменьшается солнечная радиация и т.д. Высота тепловой шапки над городом редко превышает 700 м. Ее размеры и мощность зависят от величины города, занимаемой им площади, плотности застройки, разности температур и влагосодержания воздуха. С ростом города увеличивается мощность тепловой шапки над ним, что вызывает постоянное уменьшение скорости ветра. При относительно сильном ветре (10—15 м/с) тепловой шапки над городом может и не быть. Так, ветер такой силы обеспечивает в течение суток более чем 20-кратную сменяемость воздуха над Нью-Йорком. Однако тепловая шапка превращается при этом в шлейф загрязнений, окутывающий пригородные населенные пункты, места отдыха, сельскохозяйственные угодья и т.д.

Таким образом, тепловые шапки и шлейфы загрязнений, образующиеся над городами, создают условия для еще большего загрязнения воздушного бассейна. От того, насколько плотно размещены города и другие населенные пункты по территории того или иного района или государства, какова их величина, природно-климатические и социально-экономические особенности расселения на данной территории, а также планировочная структура и функциональное зонирование района расселения (т.е. взаимное размещение всех элементов производства, производственной, социальной и инженерно-технической инфраструктуры), в большей мере зависит не только характер загрязнения воздушного бассейна, но и выбор наиболее эффективных средств по предотвращению этого крайне нежелательного явления.

### *16.2. Мероприятия по охране воздушного бассейна*

Борьба за чистоту воздуха в городах ведется в нескольких направлениях и многими методами, которые условно можно разделить на пассивные и активные. К пассивным методам относятся те, которые обеспечивают относительную чистоту воздушного бассейна в данной местности (главным образом в местах концентрации людей), но не исключают выброс вредных веществ в атмосферу в целом. К активным относят способы, которые направлены на то, чтобы вообще не допускать выброс в атмосферу загрязняющих веществ или же существенно уменьшить их концентрацию в производственных выбросах. Вследствие несовершенства или недостатков тех или иных приемов обычно применяют комбинацию нескольких методов, что обеспечивает наиболее эффективное решение задачи.

**Пассивные методы.** К пассивным методам относят учет при размещении источников загрязнения особенностей местности, устройство санитарно-защитных зон, повышение высоты труб и др.

**Учет конкретных особенностей местности** (метеорологических, орографических и др.) при размещении промышленности может привести к меньшему загрязнению воздуха над городами, хотя и не гарантирует чистоту воздушного бассейна в целом. Основные задачи в этом отношении состоят в том, чтобы в районах с высоким, а тем более с опасным метеорологическим потенциалом загрязнения не размещать промышленные предприятия высокого класса санитарной вредности; размещать промышленные предприятия с наветренной стороны по отношению к городу; выбирать для городов хорошо проветриваемые склоны, свободные от явления инверсии и кумуляции загрязнений в приземном слое воздуха, избегая размещения застройки в котловинах и межгорных понижениях, и т.д. Особенно важное значение имеет размещение производственных объектов относительно селитебных территорий. Так, зоны, предназначенные для размещения наиболее благоприятных в экологическом отношении предприятий (I и II классы санитарной вредности), следует удалять от селитебной территории независимо от грузооборота промышленных предприятий, в непосредственной близости от селитебных территорий допустимо размещать предприятия III—V классов санитарной вредности независимо от их грузооборота и V класса санитарной вредности, требующих устройства железнодорожных подъездных путей; в пределах селитебных зон целесообразно размещать промышленные предприятия, не выделяющие санитарных вредностей, и предприятия V класса санитарной вредности, не создающие сильного шума и имеющие небольшой грузооборот (не более 40 грузовых автомобилей в сутки в одном направлении).

Соблюдение всех этих условий в значительной мере способствует более эффективному проведению и конкретных локальных мероприятий по очистке воздушного бассейна.

**Устройство санитарно-защитных зон.** Суть организации санитарно-защитных зон состоит в том, что путем устройства разрыва между промышленным предприятием и селитебной территорией создаются условия рассеивания загрязняющих веществ при попадании их в атмосферу вместе с выбросами из труб предприятия. Разработаны показатели предельно допустимых концентраций (ПДК) и предельно-допустимых выбросов (ПДВ) для многих загрязняющих веществ, ширину зенитных зон рассчитывают таким образом, чтобы на их внешней границе (в непосредственной близости к селитебной территории) уровень загрязнений не был бы выше ПДК. Санитарным законодательством установлены санитарно-защитные зоны различной ширины для предприятий I класса санитарной вредности — 1000 м; II класса — 500 м; III класса — 300 м; IV класса — 100 м и V класса — 50 м. При особо больших масштабах производства, ограниченной возможности очистки выбросов и неблагоприятных условиях взаимного размещения промышленных и селитебных зон ширина санитарно-защитных зон может быть увеличена (в практике известны санитарно-защитные зоны шириной 6—8 км и более). В пределах санитарно-защитных зон допускается размещать пожарные депо, бани, прачечные, гаражи, склады, предприятия более низкого класса вредности с аналогичными выбросами. Санитарно-защитные зоны должны быть хорошо озеленены в соответствии с рекомендуемым для каждого природно-климатического района ассортиментом газоустойчивых древесно-кустарниковых пород и конструкциями лесозащитных полос.

Устройство санитарно-защитных зон применяется весьма широко и в определенной степени обеспечивает защиту населения от вредных выбросов. Вместе с тем это пассивный и, безусловно, временный прием, не обеспечивающий охрану воздушного бассейна в целом. Кроме того, устройство санитарно-защитных

зон крайне неэкономично, так как связано с прокладкой транспортных коммуникаций и инженерных сетей по пустой, по существу, территории.

**Повышение высоты труб.** На предприятиях теплоэнергетики широко практикуется строительство высотных труб. Мощные дымовые трубы не только обеспечивают более дальний выброс пыли и газов, но и позволяют сократить число более низких труб, что экономически выгодно. Переход от труб высотой 25 м к высоте 250 м приравнивают иногда к очистке дымовых газов на 99 %. В то же время практика показывает, что к сооружению высотных труб (в том числе высотой 400—500 м) в плотно заселенных районах, городских агломерациях следует подходить очень осторожно, а в ряде случаев вообще его избегать, так как максимальная концентрация выбросов, нередко превышающая 5—10 ПДК, наблюдается и за 6—8 км от источника выбросов, поскольку подобные трубы строят на очень мощных энергетических предприятиях с ежесуточным выбросом до 200 т пыли, 600—700 т сернистого газа и 100—200 т оксидов азота. В незаселенных местностях сооружение высотных труб оправдано, поскольку позволяет при размещении поселка при ТЭС отказаться от устройства санитарно-защитной зоны.

**Активные методы.** К активным методам охраны воздушного бассейна относят очистку производственных выбросов от пыли, аэрозолей и вредных газов; предварительную очистку топлива от примесей серы и других токсичных веществ, так называемое облагораживание топлива; совершенствование технологических циклов; переход к безотходным и малоотходным производствам.

**Очистка производственных выбросов.** Большое развитие получили физико-химические методы очистки газов, физические методы извлечения взвесей и жидких примесей с помощью циклонов, электрофильтров, скрубберов мокрой очистки, газов, матерчатых фильтров, вакуумных и других устройств (рис. 117). Имеющиеся очистные сооружения позволяют обеспечить на 95—97 % очистку выбросов от пыли и некоторых аэрозолей. Стоимость газоочистных сооружений весьма высока. Так, на современном сталелитейном заводе с технологией кислородного дутья она составляет 5—8 % общей стоимости производства.

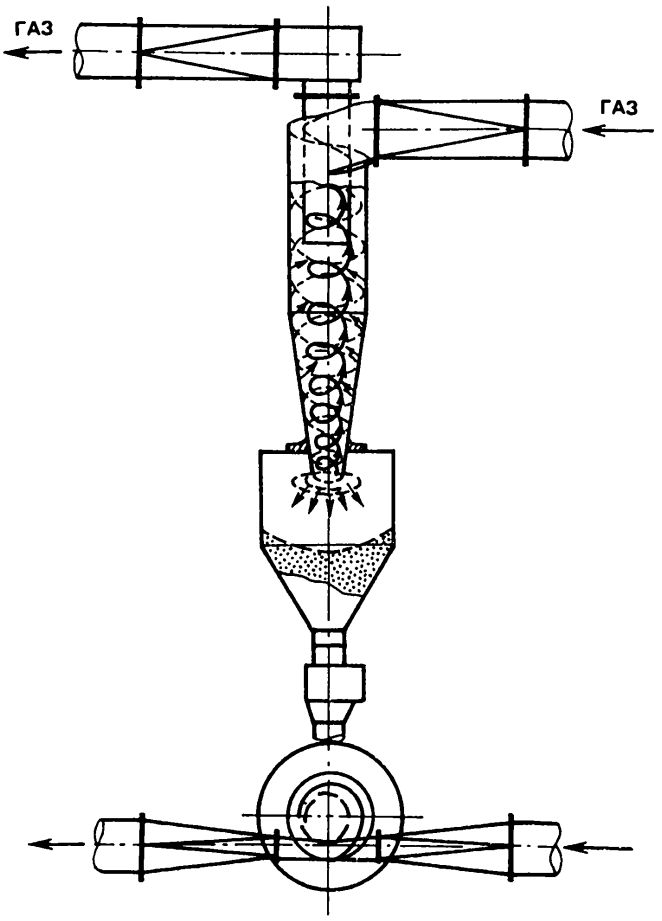



*Рис. 117. Устройство для очистки выбросов от твердых частиц (циклон НИМОГАЗ «ЦН»)*

В целом задачи по улавливанию пыли из отходящих газов успешно решаются. Однако большой проблемой остается очистка промышленных выбросов от других загрязняющих веществ и прежде всего от сернистого газа. Разработаны методы по связыванию сернистого газа, в том числе аммиачный, известковый, магнезитовый, содовый и др. Однако скрубберы обладают целым рядом недостатков — они дороги, не вполне надежны, производят большое количество отходов, которые трудно использовать. Весьма перспективны новые тканевые фильтры из термостойких материалов, а также метод высокотемпературной очистки газов.

**Облагораживание топлива.** Альтернативой очистке отходящих газов является предварительная очистка топлива от серы, которая служит причиной образования одного из основных и наиболее вредных загрязнителей воздушного бассейна — сернистого газа, трудно поддающегося улавливанию. После пульверизации (измельчения) угля с высоким содержанием серы физическими методами можно удалить из топлива значительную ее часть (путем флотации угольного порошка). Очищенный уголь или превращают в брикеты и в таком виде направляют в топку, или распыляют в топке посредством форсунки непосредственно высушенный угольный порошок. В любом случае сера минует топку, а следовательно, и воздушный бассейн. Поддается очистке от серы и жидкое топливо, например мазут и газовый конденсат. Стоимость подобного «облагораживания» топлива вполне конкурентоспособна с затратами на устройство современных фильтров и скрубберов и в среднем может составить 5—12 % расходов на основное производство.

**Малоотходные технологии.** Все перечисленные приемы и методы, осуществляемые в тех или иных комбинациях, способны значительно уменьшить вредные выбросы в атмосферу, но окончательное решение этой проблемы возможно лишь при переводе промышленности и энергетики на замкнутые технологические циклы, при переходе к безотходной и малоотходной технологии. Такие методы особое значение имеют в отраслях, потребляющих особенно большое количество сырья и характеризующихся токсичными, слабо поддающимися улавливанию выбросами — химии, черной и цветной металлургии, нефтеперерабатывающей промышленности и т.д. Сернистый газ, например, может быть превращен в серную кислоту. На некоторых предприятиях уже налажено производство этого ценного продукта из отходящих газов. В частности, подсчитано, что если бы улавливался весь двуоксид серы, поступающий в атмосферный воздух в городах США, можно было бы получить около 23 млн т серной кислоты, т.е. почти полностью удовлетворить потребность страны в этом продукте. Важная проблема — утилизация тяжелых металлов, содержащихся в некоторых производственных выбросах — ртути, свинца и др. Переход на малоотходную технологию открывает широкие перспективы значительной экологизации производства. Так, бескоксовый метод получения железа непосредственным восстановлением концентратов железной руды водородом в черной металлургии делает излишним доменное производство, производство агломерата и кокса и позволит почти полностью исключить вредные выбросы в воздушный бассейн. Этот способ производства стали позволяет не только резко снизить выбросы пыли, сернистого газа, но и возвратить в технологический цикл используемые газы. Именно на основе такой технологии работает один из крупнейших в Европе электрометаллургический комбинат в г. Старый Оскол. С точки зрения современной науки и техники замкнутые процессы вполне осуществимы в любой отрасли промышленности, но помимо выполнения условий рентабельности таких производств для их реализации потребуется колоссальное количество энергии (что в свою очередь приводит к дополнительному загрязнению воздушного бассейна от теплоэлектростанций). Поэтому повсеместное осуществление таких циклов станет возможным лишь тогда, когда человечество в промышленных масштабах сможет использовать энергию термоядерного синтеза.

Важнейшая проблема современных городов — растущий парк автомобилей и загрязнение воздушного бассейна выхлопными газами двигателей. Здесь работы ведутся также в различных направлениях — уменьшение мощности двигателей, изменение режимов их работы, поиски надежных конструкций наиболее «зкологичных» автомобилей на водородном горючем и др. Наиболее реально решение этой проблемы на основе создания электромобиля, хотя и этот прием не однозначен. Помимо проблематичности со-

здания в ближайшем будущем дешевого и достаточно емкого аккумулятора далеко не безопасной представляется ситуация в городах, которая может возникнуть вследствие появления и одновременной работы миллионов электромоторов и образования весьма «плотных» электромагнитных полей. Кроме того, производство дополнительной энергии для «заправки» электромобилей может оказаться не более «чистым», чем работа современных двигателей внутреннего сгорания.

Таким образом, меры по очистке воздушного бассейна, предпринимаемые в городах, городских агломерациях, безусловно, способствуют решению проблемы. Вместе с тем загрязнения атмосферы еще долгое время будут значительными вследствие роста промышленного производства, развития энергетики, транспорта, а также несовершенства технологических процессов и очистки выбросов. Кроме того, ожидаемый в перспективе рост энергопотребления и тенденция строить дома повышенной этажности, видимо, приведут не к уменьшению, а к увеличению «островов тепла» в городах.

Поэтому архитектурно-планировочные, инженерно-градостроительные приемы, способствующие охране воздушного бассейна, и в будущем не утратят своей актуальности.

## Глава 17. Охрана окружающей среды от шума, тепловых, электромагнитных и других негативных воздействий

Урбанизированные территории и прежде всего крупные города в своем непрекращающемся развитии наряду с воздействием рассмотренных выше неблагоприятных явлений все в большей степени испытывают влияние комплекса специфических факторов, имеющих, как правило, волновую и квантовую природу — шума, электромагнитных колебаний, теплового и радиоактивного загрязнений, вибрации и гравитации.

Влияние многих из этих явлений на живые организмы (и прежде всего человека), почву, другие компоненты окружающей среды изучено еще недостаточно, однако и имеющиеся данные позволяют предполагать, что возможные изменения в городах электромагнитного и гравитационного полей, рост шумовых, вибрационных, тепловых и других специфических антропогенных воздействий на окружающую среду в перспективе могут привести к не менее опасным для людей последствиям, чем те, которые отмечаются в результате загрязнений почвенно-растительного покрова, воздушного и водного бассейнов, других «традиционных» нарушений природной среды.

Все отмеченные явления наряду с транспортной усталостью, перенапряжением нервной системы, другими последствиями жизни в крупном городе отрицательно сказываются на самочувствии населения, что выражается в быстрой утомляемости, подверженности различным заболеваниям и неврозам, повышенной раздражительности, т.е. в таком хроническом состоянии в самочувствии значительной части городских жителей, которое на Западе считают специфическим заболеванием, получившим название «урбанит».

Пожалуй, наиболее ярко эволюция всех этих неблагоприятных явлений видна на примере одного из главных бичей современных крупных городов — шума, который в отличие от других неблагоприятных специфических явлений в городах известен с незапамятных времен. В конце прошлого века великий немецкий микробиолог Р. Кох писал, что настанет день, когда человеку придется с таким же ожесточением бороться против шума, с каким сейчас он борется против холеры и чумы. Тогда, вероятно, многим это показалось преувеличением. Но сейчас это уже не воспринимается как гипербола. Так, в США излучаемая звуковая мощность всех источников шума увеличивается на 25 % в год. Ежегодно в крупных городах уровень шума повышается на 0,5—1 децибел (в некоторых капиталистических государствах, Сан-Пауло, на-

пример, еще больше — на 3 дБ). Нередко в крупнейших городах уровень шума в часы пик достигает 90—95 дБ (болевой порог 120—140 дБ). Мощным источником шума в пределах урбанизированных территорий является также железнодорожный и авиационный транспорт. Отрицательное влияние на живые организмы оказывает инфразвук — неслышный звук, источником которого служат некоторые виды производственной деятельности, железнодорожный транспорт и др.

### *17.1. Борьба с шумом*

Одно из важнейших условий застройки городов — борьба с городским шумом, отрицательное влияние которого на здоровье людей известно уже давно. Шум лишает городских жителей нормального отдыха и покоя, влияет на производительность труда, сказывается на качестве работы и производительности труда. Действуя на центральную нервную систему, шум вызывает изменение сердечной деятельности, повышение кровяного давления и общее утомление организма. Он ослабляет внимание и замедляет психические реакции, а также вредно влияет на органы зрения и слуха.

Медицинские исследования показали, что шум даже сравнительно низкого уровня (35—37 децибел) может вызвать изменения функционального состояния нервной системы человека. Отмечено также, что при шуме, превышающем допустимые санитарные нормы, производительность труда снижается на 10—15 %. Шум способствует развитию сердечно-сосудистых заболеваний. Он может быть причиной головной боли, бессонницы, депрессии, продолжительного переутомления организма, шум в 80—100 дБ может вызвать необратимые нарушения слуха.

Французские ученые на основе последних исследований пришли к выводу, что 70 % неврозов вызывается шумом. В Орли, пригороде Парижа, где расположен крупнейший международный аэропорт, распродается в 7 раз больше успокаивающих средств, чем в других районах Парижа. Английские медики отмечают, что в Великобритании каждый четвертый мужчина и каждая третья женщина страдают от неврозов, вызванных шумовыми нагрузками. В ФРГ 25 % населения страдает от бессонницы, хотя в стране потребляется полмиллиарда порций снотворного в год. Статистические данные в нашей стране свидетельствуют о том, что людей с нервными и психическими расстройствами больше среди лиц, работающих в шумной среде.

В сообщении Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) было отмечено, что среди выплаченных пособий и компенсаций по нетрудоспособности в результате профессиональных заболеваний первое место занимали пособия, связанные с заболеванием органов слуха. По сведениям ВОЗ потери, которые несет промышленность США из-за шума, составляют более 4 млрд долларов в год. Из данных многочисленных исследований следует, что в крупных городах уровень шума увеличивается примерно на 8—12 дБ за каждые 10 лет. Так, уровень шума в городах США за последние 20 лет удвоился и продолжает возрастать на 1 дБ в год. Уровень шума за последние 30 лет удвоился и во Франции. В ФРГ шум, создаваемый автотранспортом, с 1950 г. увеличился в 8 раз, а шум от авиации — в 30 раз.

**Источники и допустимые уровни шума.** Шумовой режим города слагается из шумов различных источников: городской транспорт — грузовые и легковые автомобили, автобусы, троллейбусы, трамваи и пр.; внешний транспорт — железнодорожные вокзалы и движение поездов в черте города, аэропорты и самолеты, а также вертолеты, пролетающие по трассам над городской территорией; промышленные предприятия — заводы, фабрики, мастерские и др.; бытовой шум — радиовещание, участки активного отдыха населения, а также шум, создаваемый населением в зданиях, на улицах, на территории жилых районов и иные источники шума; разгрузка товаров у магазинов, коммунальные предприятия, мусоровозный транспорт и т.д.

Основной источник шума в городах — наземный автомобильный и рель-

совый транспорт, шум от транспортных потоков — главная составная часть шумового режима города. Его воздействие выходит за пределы улиц и распространяется по территориям жилых районов, проникая в места пребывания человека. Именно на шум от транспортных потоков поступает наибольшее (60—80 %) количество жалоб городского населения.

По нормам допустимых уровней звука в жилых зданиях, общественных и служебных помещениях, на территориях различного назначения и т.д. допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука (в дБ) принимаются для ночного времени в следующих пределах: палаты больниц и санаториев — 25; жилые комнаты квартир, спальные помещения в детских дошкольных учреждениях — 30; кабинеты врачей больниц, поликлиник, зрительные залы концертных залов — 35; территории, непосредственно прилегающие к жилым домам, площадки отдыха микрорайонов и групп жилых домов, площадки детских дошкольных учреждений, участки школ — 45; классные помещения, аудитории учебных заведений, читальные залы, зрительные залы театров, кинотеатров — 40; рабочие помещения конструкторских, проектных организаций, научно-исследовательских институтов — 50; залы кафе, ресторанов, столовых, фойе театров и кинотеатров — 55; торговые залы магазинов, спортивные залы — 60. В дневное время допустимые санитарные нормы выше приведенных на 10 дБ.

Нормирование и измерение уровней звука производится в дБ, которые учитывают восприятие шума человеком — меньшее раздражающее действие низких частот спектра. Нормируемыми параметрами колеблющегося во времени шума (к которому относится шум от транспортных потоков) в расчетных точках следует считать эквивалентные (по энергии) уровни звука в дБ. Шумовыми характеристиками транспортных потоков на улицах и дорогах городов и других населенных пунктов, а также железнодорожных поездов являются эквивалентные уровни звука, рассчитанные или измеренные на расстоянии 7,5 м от оси ближайшей к расчетной точке полосы или колеи движения. Шумовые характеристики определяются по картам шума улично-дорожной сети, которые составляются на текущий период, расчетные и перспективные сроки. Карты шума улично-дорожной сети представляют собой схематический план улиц и дорог города с нанесенной на него шумовой характеристикой транспортных потоков (рис. 118). Эти карты служат основой для оценки существующего и прогнозируемого шумового режима на улицах, дорогах и примагистральных территориях города, а также для разработки организационно-административных, архитектурно-планировочных и строительно-акустических мероприятий по снижению транспортного шума.

**Противошумовые мероприятия.** Борьба с шумом в городах ведется по следующим основным направлениям: в источнике шума — конструктивными и административными методами (создание и применение малошумных агрегатов, экипажей, регламентация времени их работы и мест расположения на территории); на пути распространения шума в городской среде от источника до объекта шумозащиты (градостроительные методы, связанные с применением в проектных решениях элементов городской среды, способствующих снижению шумов); на объекте шумозащиты — конструктивно-строительными методами, обеспечивающими повышение звукоизолирующих качеств ограждающих конструкций зданий и сооружений.

Каждое из этих направлений имеет свои ограничения, которые должны приниматься во внимание при разработке общих координационных планов снижения внешних шумов в такой же степени, как учет технико-экономических характеристик и затрат времени на разработку и внедрение мероприятий по шумозащите.

Современные города нередко не имеют четкого функционального зонирования (промышленные, коммунально-складские и жилые районы). Поэтому разрывы между источниками внешних

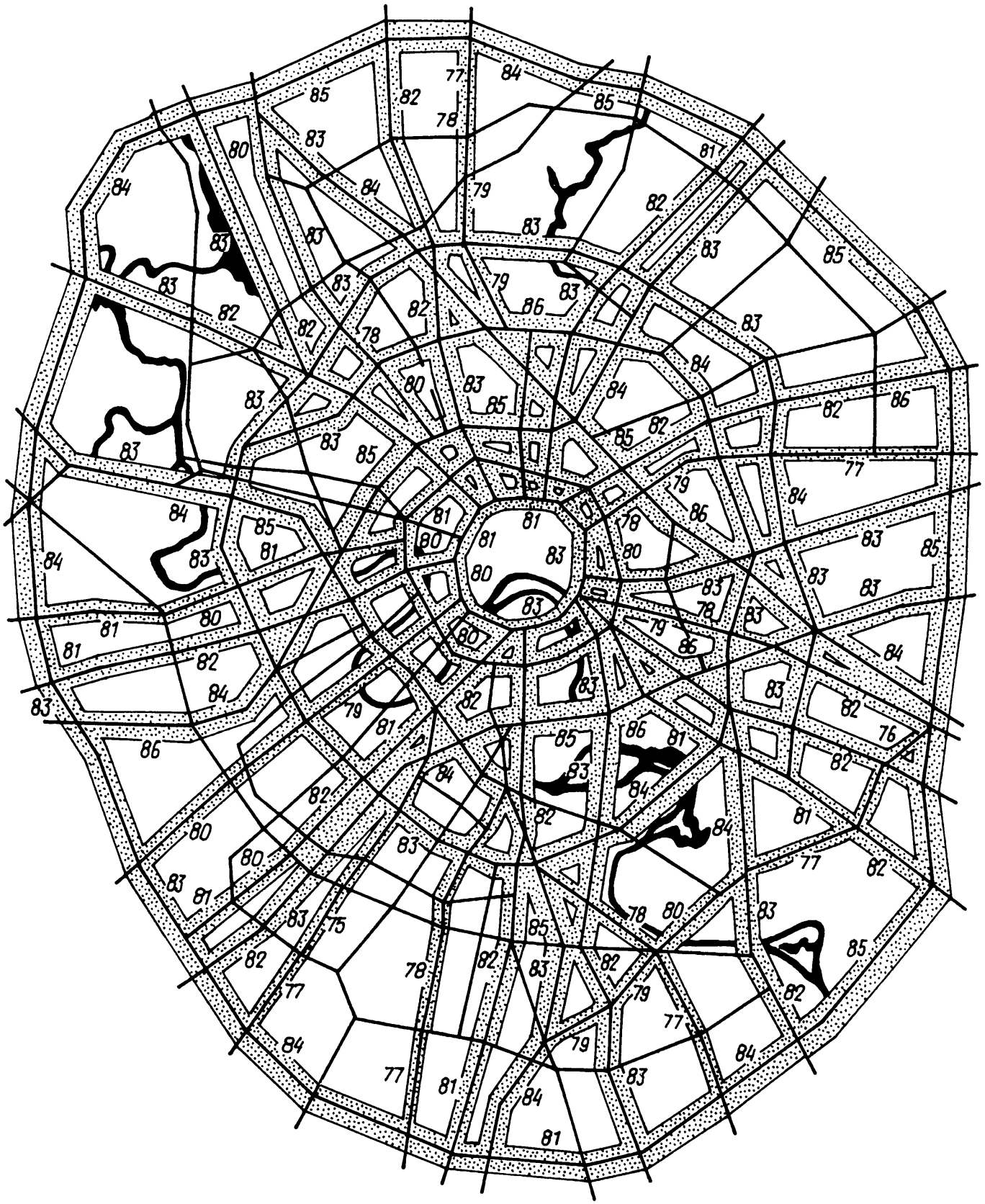


*Рис. 118. Карта шума улично-дорожной сети города*

промышленных шумов и жилыми зданиями часто недостаточны. Как правило, оказываются недостаточными в городах расстояния между транспортными магистралями и жилыми домами, что приводит к созданию весьма тяжелых условий акустического дискомфорта в местах постоянного пребывания горожан.

Снижение городских шумов, проникающих в здания и на территорию с нор-

мируемым шумовым режимом, целесообразно осуществлять в проектах по планировке, застройке, озеленению и благоустройству городов на всех стадиях проектирования.

При этом необходимо учитывать, что на снижение шума на селитебной территории существенное влияние оказывает: при районной планировке — размещение аэропортов, аэродромов и транспортных коммуникаций по отношению к объектам шумозащиты; на стадии разработки генерального плана города — планировочная структура, сокращающая число источников шума и ограничивающая территории их распространения; на стадиях проектирования жилых районов и микрорайонов — решения планировочной и объемно-пространственной композиции застройки и благоустройства, эффективно использующие шумозащитные качества городской среды, конструкций зданий и сооружений (экранирование, поглощение, отражение и затухание звука в воздухе).

Для снижения шума в жилой застройке в планировочной структуре города должно быть предусмотрено четкое функциональное зонирование территории с изоляцией селитебных, лечебных и рекреационных зон от промышленных и коммунально-складских зон и основных транспортных коммуникаций. Защиту селитебных зон от источников шума следует предусматривать прежде всего с помощью территориальных разрывов.

От границы участка жилой застройки до новых железнодорожных линий и станций без применения специальных средств шумоглушения расстояние должно быть не менее 100—200 м (от станционных путей и железнодорожных линий I и II категории соответственно) и от автомобильных дорог не менее 100 м (III и IV категории) и не менее 200 м (I и II категории). При этом целесообразно предусматривать совмещение трасс железных и автомобильных дорог.

Сеть улиц и дорог города необходимо проектировать с учетом максимально возможного укрупнения межмагистральных территорий, уменьшая количество перекрестков и других транспортных узлов. Территории жилых районов и зон отдыха не должны пересекаться скоростными дорогами и дорогами грузового движения, при необходимости их трассировки по этим территориям их размещают в выемках, тоннелях и на эстакаде с шумозащитными экранами.

При отсутствии специальных средств шумоглушения жилая застройка должна располагаться на расстоянии не менее 150 м от края проезжей части скоростных дорог и дорог грузового движения, не менее 125 м от магистральных улиц общегородского значения, не менее 75 м от магистральных улиц районного значения и не менее 25 м от жилых улиц. При трассировке магистральных улиц и дорог следует использовать шумозащитные свойства рельефа местности, т.е. наличие оврагов, холмов, балок и т.п. Для обеспечения минимальных разрывов и рационального использования территории целесообразно размещать здания и сооружения по отношению к источнику шума в соответствии с допустимыми для них санитарными нормами уровней звука; в первой, ближайшей к источнику шума, зоне следует размещать объекты с ненормируемым шумовым режимом (гаражи, автостоянки, склады, дворы магазинов и пр.); во второй зоне, на большем удалении — сооружения и территории, допускающие по санитарным нормам высокие и средние уровни звука (магазины, учреждения бытового обслуживания, спортивные площадки и т.д.), в зоне, наиболее удаленной от источника, следует располагать здания и территории, требующие значительного акустического комфорта (жилые здания, места тихого отдыха, больницы и пр.).

Минимальные разрывы между селитебными зонами и транспортными коммуникациями могут быть существенно сокращены устройством преграды на пути между источником шума и объектом, который подвергается этому воздействию. Как правило, для этого используют насыпи, экраны или сочетание того и другого. Шумозащитный эффект достигается и при прокладке дорог в выемке.

Экранами могут служить придорожные подпорные ограждающие и специальные защитные стенки, а также искусственные и естественные элементы рельефа местности — земляные валы, насыпи, холмы, откосы выемок, оврагов и т.д. В качестве экранов можно использовать также здания, в помещениях которых допускаются уровни звука более 40—50 дБ (здания предприятий торговли, бытового обслуживания, общественного питания и др.). Здания торгово-общественных центров и блоков обслуживания, размещаемые на границе жилых районов вдоль транспортных магистралей, целесообразно объединять в единые протяженные комплексы, что позволяет использовать их в качестве эффективных шумозащитных экранов.

Шумозащитная эффективность экранов колеблется от 5 до 20 дБ в зависимости от их высоты, длины, расстояния между источником шума и экраном. Они могут применяться на тех участках скоростных дорог, магистральных улиц общегородского значения, где не будут нарушать окружающий городской ландшафт. Для уменьшения монотонности вида экранов могут использоваться окраска, посадка зеленых насаждений, криволинейное в плане очертание экранов и т.д.

Земляные валы обладают рядом преимуществ перед экранами-стенками. Стоимость сооружения валов в 2—3 раза ниже затрат на строительство экранов-стенок. Для их создания могут использоваться излишки грунта, образующиеся при вертикальной планировке территории и строительстве фундаментов зданий. Декоративное озеленение их откосов придает магистралям живописный вид. В теле земляных валов можно располагать гаражи, коллекторы и другие сооружения. Однако из-за необходимости устройства пологих откосов (1:2, 1:1,5) для размещения валов требуются значительные площади, поэтому их применение целесообразно в основном в пригородных зонах.

Размещение магистральных улиц и дорог в выемках позволяет использовать их откосы в качестве шумозащитных экранов. Однако более эффективны комбинированные экраны, состояние из выемки или земляного вала со стенкой поверху (рис. 119).

Для защиты населения от транспортного и промышленного шумов при превышении норматива более чем на 28—30 дБ наиболее целесообразно применение специальных шумозащитных или шумозащищенных жилых зданий. По способам защиты от шума шумозащитные здания подразделяются на два основных типа: дома со специальными архитектурно-планировочной структурой и объемно-пространственным решением; дома, окна и балконные двери которых имеют повышенную звукоизолирующую способность и снабжены специальными вентиляционными устройствами, совмещенными с глушителями шума.

По планировочной структуре шумозащитные дома первого типа подразделяются на три группы: многосекционные, коридорные и коридорно-секционные. В составе каждой группы может быть множество разнообразных решений. Одно из основных направлений массового внедрения шумозащитных жилых зданий в практику строительства — разработка

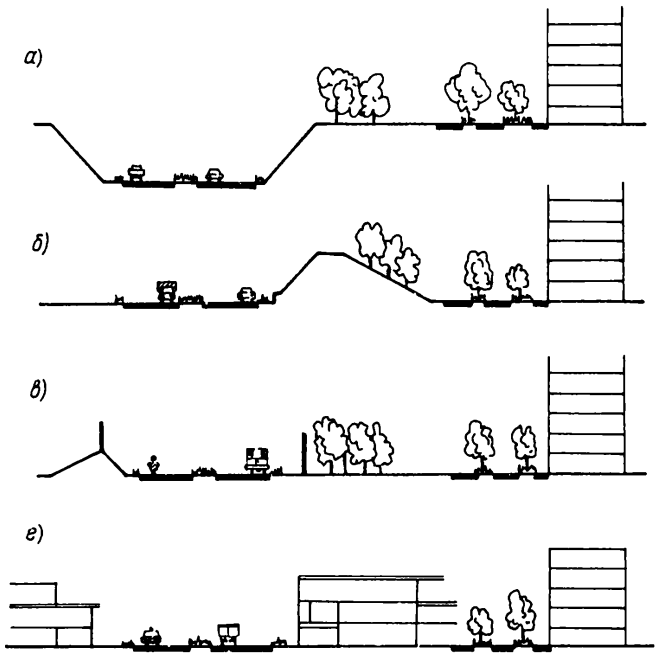



*Рис. 119. Шумозащитные сооружения:*
***а** — выемка; **б** — земляной вал; **в** — стенка; **г** — шумозащитное здание*

шумозащитных блоков секций многосекционных жилых домов в составе действующих серий таковых проектов (рис. 120). Для обеспечения акустического комфорта на территории жилых районов рекомендуются планировочные приемы группировки шумозащитных зданий, основанные на создании замкнутого пространства.

В качестве дополнительного средства защиты от шума жилой застройки, площадок отдыха микрорайонов и групп жилых домов, площадок детских учреждений и участков школ рекомендуется предусматривать формирование вблизи источников шума специальных шумозащитных полос зеленых насаждений, которые могут снизить уровни звука на 4—8 дБ при ширине от 10 до 25 м. Некоторое повышение шумозащитной эффективности можно достичь расчленением полосы в продольном направлении на несколько частей с просветами между ними шириной 3—4 м.

Выбор тех или иных средств защиты от шума, определение необходимости и целесообразности их применения следует производить на основе расчета уровней звука на территории и в помещениях жилых и общественных зданий и определения требуемого их снижения. Принципиальные мероприятия по защите городского населения от шума необходимо прорабатывать и закладывать в проекте на стадиях разработки ТЭО и генерального плана города, окончательно уточняя при разработке проектов детальной планировки.

### *17.2. Мероприятия по борьбе с тепловым загрязнением, электромагнитными излучениями, радиацией, вибрацией и гравитацией*

Урбанизированные территории характеризуются локальным повышением температуры поверхности земли и акваторий (вследствие работы энергетических установок и повышенной отдачи тепла городскими территориями), усилением электромагнитного поля (воздействие линий злектропередачи, радиотрансляционных и телевизионных станций и т.д.), повышением общего фона радиации (работа атомных реакторов, рентгеновских установок и др.), вибрации (работа транспорта и промышленных агрегатов) и гравитации (под воздействием огромных масс многоэтажных домов и работы скоростных лифтов). Борьба с этими негативными явлениями стала важной составляющей в комплексе мер по охране окружающей среды в городах.

**Тепловое загрязнение.** Количество энергии, вырабатываемой на земном шаре, ежегодно увеличивается на 6 %. Большая часть этой энергии сосредоточена в пределах урбанизированных территорий и прежде всего в городах, которые являются чаще всего основными энергопотребителями. Количество искусственного тепла на единицу площади города почти равно теплу, получаемому этой же площадью от солнца. Несовершенство технологических процессов, сравнительно невысокий КПД энергетических агрегатов приводят к тому, что огромное количество тепла тратится на подогрев воды, почвы, атмосферы — происходит тепловое загрязнение окружающей среды.

Тепловое загрязнение имеет два аспекта — глобальный и локальный. Суть первого заключается в повышении температуры на поверхности Земли вследствие теплового загрязнения и «эффекта парника» — повышения температуры приземного слоя в результате накопления в атмосфере избыточного антропогенного углекислого газа, задерживающего отраженную от поверхности Земли солнечную энергию, дополнительно разогревающую приземные слои воздуха.

Локальный аспект теплового загрязнения окружающей среды помимо того, что во многом предопределяет ее глобальное загрязнение, характеризуется и самостоятельным эффектом, который проявляется в достаточной степени локально (в городах, промышленных узлах, на отдельных водоемах и др.).

Именно этот аспект наиболее существен в градостроительстве. Особенно интенсивно загрязняются водоемы вследствие охлаждения водой агрегатов ГРЭС

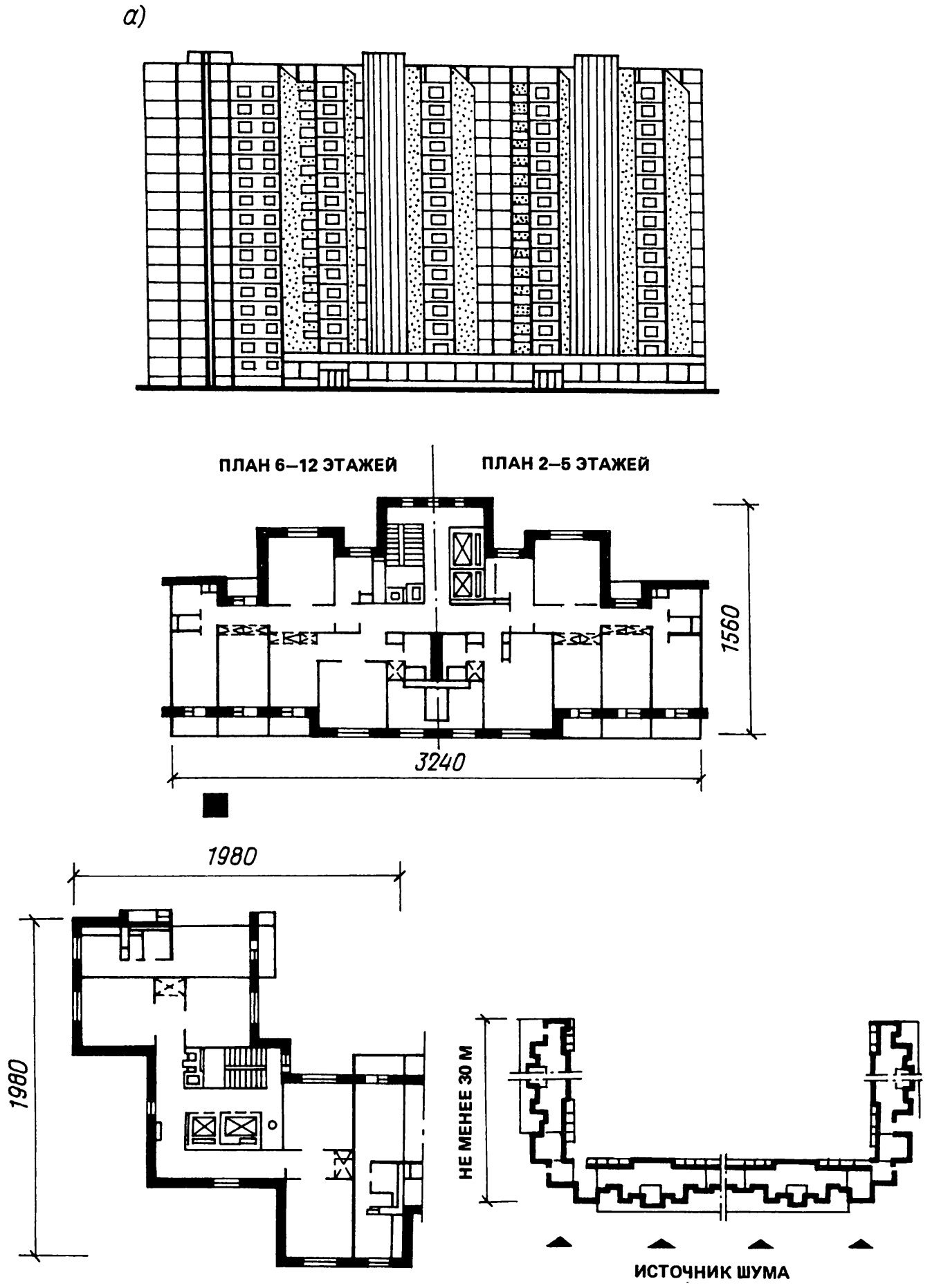
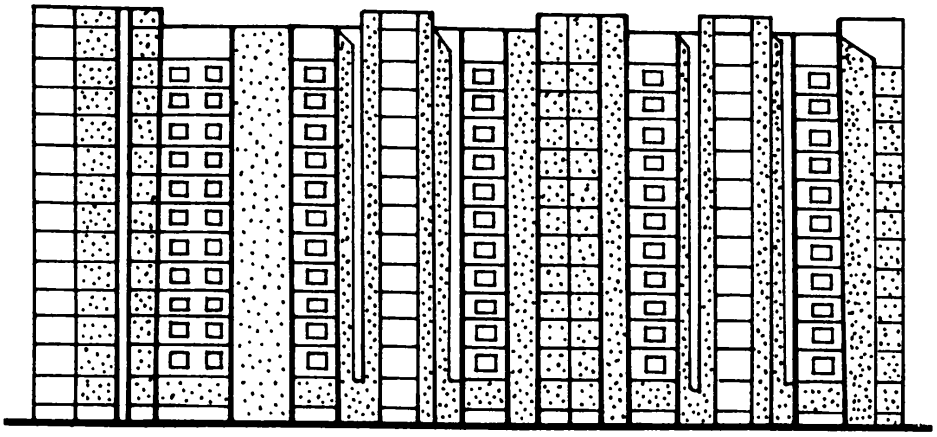
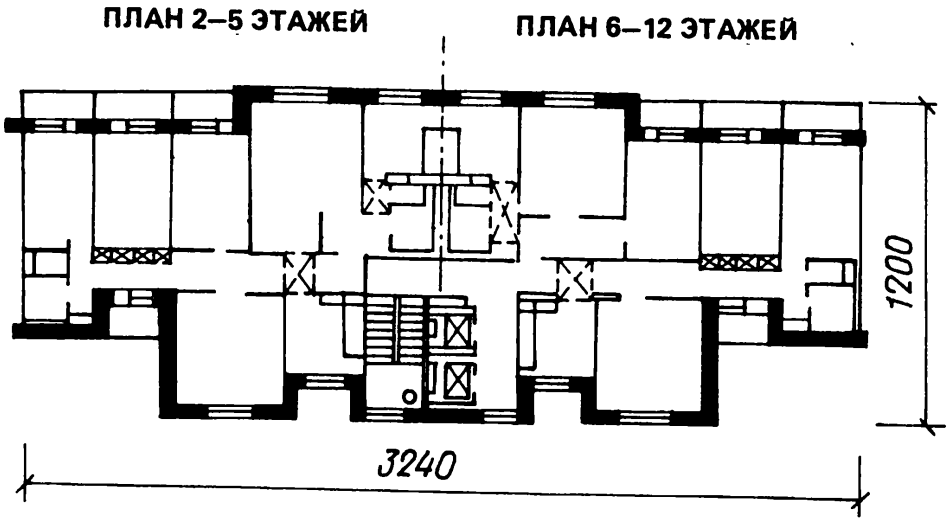
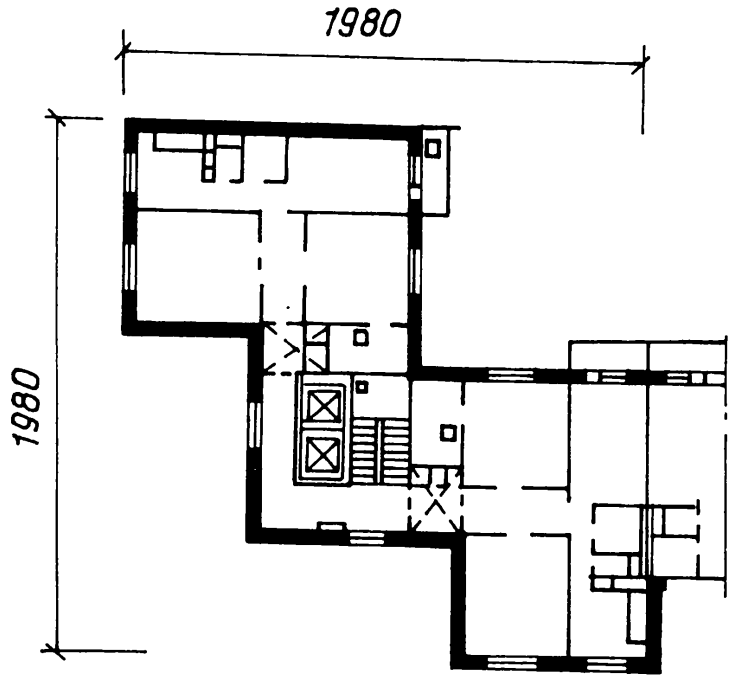



*Рис. 120. Шумозащитные жилые дома:*
***а** — 12-этажный крупнопанельный шумозащитный жилой дом; **б** — 16-этажный крупнопанельный шумозащитный жилой дом*

б)





или других промышленных установок и сброса в водоемы горячей воды. Повышение воды в водоемах приводит к изменениям химических и биологических параметров среды — уменьшает содержание в воде кислорода, доступ солнечного света к водным растениям, увеличивая токсичность загрязнений и скорость развития вредных сине-зеленых водорослей. В будущем, вероятно, борьба против теплового загрязнения водных объектов будет представлять весьма сложную часть общей проблемы охраны окружающей среды, что можно объяснить ростом мощности тепловых и атомных станций и большой их распространенностью. Так, крупная ГРЭС потребляет для охлаждения агрегатов 70—90 $м^3/с$ воды, т.е. примерно столько, сколько несет Москва-река. Тепловое загрязнение от атомных станций в 1,5—2 раза больше.

При особо высоких концентрациях энергетических объектов отрицательное воздействие теплового загрязнения может распространиться на значительные территории. Например, после завершения энергетического комплекса Конаковской ГРЭС значительная часть Московского моря превратилась в водоем, который по своему термическому режиму похож на теплые южные моря. Тепловое загрязнение гидросферы на фоне сурового сибирского климата представляется особенно неблагоприятным, поскольку связано с резким изменением микроклимата района (постоянные туманы, уменьшение солнечной радиации и т.д.).

Эффективная борьба с тепловым загрязнением в глобальном масштабе в настоящее время может состоять лишь в совершенствовании энергетических агрегатов, повышении их экономичности, контроле за использованием источников энергии, общем мониторинге (контроле) окружающей среды.

Поскольку все из существующих в настоящее время и практически используемых источников энергии в той или иной мере способствуют глобальному загрязнению, окончательное решение этой проблемы возможно лишь при широком использовании солнечной энергии — самого экономичного из основных видов энергии на Земле. При этом имеется в виду возможность трансформации солнечной энергии не только в тепловую, но и в значительно более экономичную динамическую энергию.

В локальном плане снижению уровня теплового загрязнения могут способствовать следующие мероприятия: внедрение эффективных технологических процессов, способствующих экономии потребляемой энергии, а также приемлемых с экологической точки зрения способов сброса излишков тепла, изоляция природных водоемов и водотоков от искусственных прудов — охладителей, испарителей и других устройств на ГРЭС и ТЭЦ путем совершенствования технологии охлаждений циркуляционных вод; отказ на особо крупных тепловых электростанциях от охлаждения циркуляционной воды в испарителях, градирнях, внедрение конденсационно-испарительных установок воздушного типа.

Во всех случаях целесообразно не допускать чрезмерной концентрации крупных тепловых электростанций и ТЭЦ в пределах одного района, что может предохранить его население от воздействия теплового загрязнения и его негативных последствий.

**Электромагнитные излучения.** Электромагнитные поля перекрывают практически все урбанизированные территории. По мере развития радиоэлектроники, роста энерговооруженности, увеличения в пределах городов и пригородных территорий числа электротехнических и электронных агрегатов воздействие электромагнитных излучений на окружающую среду становится все более сильным.

Источники электромагнитного «загрязнения» по их виду можно условно подразделить на точечные (радиостанции, телецентры), узловые (электролинейные станции, промышленные установки, системы радиообеспечения крупных аэропортов и др.) и линейные (линии электропередачи электрифицированные линии и др.).

В пределах территорий, находящихся под воздействием электромагнитного из-

лучения линий электропередачи (особенно высокого и сверхвысокого напряжения — 500, 750, 1150 кВт), создаются опасные зоны, в которых осложняется работа механизмов и машин, нарушается нормальное протекание биологических процессов. При высоких значениях параметров силы тока почвогрунты уплотняются и превращаются в сплошную массу, деформируются клетки в почвенных микроорганизмах, приостанавливается их размножение, замедляются биохимические процессы. Поэтому чрезвычайно важно устраивать специальные зоны вдоль линий электропередач, соблюдать специальный режим сельскохозяйственных и лесохозяйственных работ в этих зонах (возделывание нетрудоемких культур, минимальное применение механизмов и машин, укороченный рабочий день и т.д.).

Весьма важно устройство коридоров инженерно-технических коммуникаций, в которых целесообразно прокладывать транспортные магистрали и инженерные сети. Такие коридоры имеют очень большое значение в построении архитектурно-планировочной структуры городских агломераций и эффективны не только с планировочной, но также с экономической и экологической точек зрения.

В зонах размещения радиостанций и телецентров малой мощности (до 0,1 кВт) напряженность электромагнитного поля не создает опасности для населения. При размещении более мощных станций границы коротковолновых передающих радиоцентров должны быть удалены от границ застройки в городах с населением свыше 100 тыс. жителей не менее чем на 2 км (при мощности передатчика 0,1—5 кВт), 7 км (при мощности 5—25 кВт) и 15 км (120 кВт и более). А это уже может создать достаточно серьезные проблемы и в архитектурно-планировочной организации того или иного жилого района, города в целом.

Помимо планировочных методов защиты от электромагнитного излучения применяются и активные методы, суть которых состоит в том, чтобы посредством использования электронных или механических приспособлений уменьшить облучение тех или иных участков территории и находящихся на ней людей (электронные или механические приспособления, уменьшающие облучение территории, изменение конструкции антенных устройств, снижение мощности излучения и др.). К активным защитным средствам относится также устройство различных изолирующих конструкций, снижающих интенсивность электромагнитного излучения в помещениях, например проведение многорядных посадок зеленых насаждений по фронту распространения электромагнитных волн (при ширине полос 15—20 м обеспечивается снижение интенсивности излучения на 10—15 %), а также экранирование селитебных территорий зданиями с высоким содержанием железобетонных конструкций (интенсивность излучения снижается в 1,5—2 раза).

**Радиоактивное загрязнение.** Радиоактивное загрязнение окружающей среды характеризуется увеличением естественного радиоактивного фона в результате использования человеком естественных и искусственных радиоактивных веществ. Причиной значительного увеличения радиоактивного фона на Земле стали экспериментальные ядерные взрывы, работы ядерных реакторов, использование радиоактивных изотопов, добыча урановой руды, складирование радиоактивных отходов, производство и применение большого количества калийных удобрений и т.д. Радиоактивные вещества переносятся воздушными потоками и водными течениями, животными и особенно птицами и рыбами.

Продукты радиоактивного распада могут находиться в стратосфере от 3 до 10 лет, в тропосфере —около 3 мес. Основная масса радиоактивных веществ поступает из атмосферы на землю с атмосферными осадками и в основном концентрируется в верхнем слое почвы толщиной 15 см. Животные организмы способны поглощать из окружающей среды радиоизотопы и избирательно концентрировать их во внутренних органах. При этом радиоактивность живых организмов

во много раз превышает радиоактивность среды их обитания. Так, радиоактивность планктонных обитателей в 50 тыс. раз выше, чем воды, в которой они живут.

Одним из опасных радиоактивных нуклидов является стронций-90 (период полураспада 28 лет), большая часть которого адсорбируется почвой, усваивается растениями и легко передается по трофическим цепям, накапливаясь в костной ткани. Другой радиоактивный нуклид, содержащийся в природной среде — калий-40, который поступает в окружающую среду с калийными удобрениями.

Особенно важная проблема — строительство атомных электростанций (АЭС), а в будущем и термоядерных станций. Радиационная опасность размещения АЭС в плотно населенных районах связана с двумя главными факторами — аварийной опасностью и возможностью при этом выбросов, а также транспортировкой и захоронением радиоактивных отходов. Последнему фактору придается особенно большое значение, так как до аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г. опасность аварийного облучения считалась сильно преувеличенной. Поскольку аварии на ядерных реакторах возможны, а последствия их весьма тяжелы, проблема размещения объектов, небезопасных в радиоактивном отношении, безусловно, существует.

Меры защиты от воздействия возможных радиоактивных загрязнений включают как специальные технологические (правила использования минеральных удобрений, средства биологической защиты на АЭС и др.). так и общие планировочные мероприятия, которые в основном сводятся к устройству вокруг объектов источников потенциального загрязнения различных по установленным в них режимах хозяйственной деятельности зон.

Зоны возможного радиоактивного загрязнения в районах атомных электростанций, заводов фосфорных удобрений и других предприятий, сырье, процессы производства или готовая продукция которых связана с радиоактивным излучением, устанавливаются путем анализа средних допустимых концентраций (СДП), коэффициентов пропорциональности между концентрацией радиоизотопов в сельскохозяйственной продукции и уровнями радиоактивного загрязнения, которые приведены в специальной литературе.

Вокруг АЭС устанавливают три зоны: контролируемую, в которой размещаются только здания и сооружения АЭС, санитарно-защитную, в пределах которой запрещено строительство жилых и общественных зданий, промышленных и вспомогательных объектов, не относящихся к АЭС, и наблюдаемую зону, в которой дозы облучения проживающего в ее пределах населения не должны быть связаны с риском для здоровья. Размеры этих зон в каждом конкретном случае устанавливаются высшими санитарными органами.

Помимо рассмотренных мероприятий охрана окружающей среды от радиоактивного загрязнения достигается и общими мерами планировочного характера — эффективным функциональным зонированием территории, увеличением мозаичности пригородных ландшафтов, озеленении и т.д. Так, только защита от ветра стеной леса более чем в 30 раз может снизить радиоактивное загрязнение территории.

**Вибрация.** Развитие в городах рельсового и безрельсового транспорта, массовое строительство с применением тяжелых механизмов и машин, некоторые производственные процессы активизируют явление вибрации (многократного сотрясения) зданий. По физической сущности явление вибрации близко землетрясениям, хотя и отличается от них значительно более слабой энергией. Вместе с тем вибрация в городах ощущается постоянно, чем в большей мере и объясняется опасность этого явления.

Главная причина вибрации зданий в городах — движение городского общественного и грузового транспорта. Удары колес о неровности на дорожном покрытии вызывают его пластическую и упругую деформацию, которая, как правило, распространяется на значительное

расстояние и вовлекает в колебательное движение уличную застройку. Упругие колебания передаются через фундамент на конструкции здания и вызывают неприятное дребезжание оконных стекол, мебели, посуды, что раздражающе действует на людей. Однако наиболее опасно «скрытое» постоянное воздействие вибрации на человеческий организм и существенные нарушения в конструктивных элементах зданий. Постоянные вибрации приводят также к уплотнению почвогрунтов, нарушению их структуры.

Значительные вибрации возникают при движении поездов метро и трамвая, особенно при проходе ими рельсовых стыков, крестовин и стрелок. Особенно неблагоприятны в этом отношении тяжелые трамвайные поезда и метрополитен мелкого заложения.

На величину вибрации оказывают влияние механический состав грунта и уровень грунтовых вод на улице и в квартале. Чем выше их горизонт, тем значительнее вибрация. Удары колес о дорожную одежду или на стыке рельсов передаются застройке в горизонтальном направлении особенно сильно в том случае, когда проезжая часть улицы подходит к зданиям вплотную. Для массивных зданий более опасны небольшие скорости транспорта, а для легких — более значительные. Вибрация застройки увеличивается, как правило, при повышении скорости движений транспорта (20—25 км/ч).

Воздействие вибрации на человеческий организм вызывает изменение частоты дыхания и пульса, ведет к повышению кровяного давления и ускоряет общую утомляемость. Неблагоприятно воздействие вибрации и на другие живые организмы.

Таким образом, наиболее существенные последствия вибрации — вредное влияние вибрации на человека, особенно на его нервную систему; деформация почвогрунтов, нарушение их структуры; образование трений в стенах и перекрытиях зданий; разрушение дорожных одежд и рельсовых путей.

Меры борьбы с вибрацией в городах достаточно разнообразны и направленые в основном на нейтрализацию источника вибрации и на ослабление энергии колебаний. В частности, находят применение следующие мероприятия: улучшение неблагоприятных грунтовых условий посредством замены части грунта привозным, устройства дренажей или стабилизации грунта дли придания ему необходимой плотности, в зависимости от свойств грунта толщина основания проезжей части дорог должна быть не менее 30—40 см; устройство на проезжих частях улиц вдоль зданий, подлежащих защите от вибрации, дорожных покрытий, дающих наиболее ровную и гладкую поверхность (например, из цементобетона или асфальтобетона); применение на слабых грунтах гладких бетонных покрытий на массивном основании; применение предварительно напряженных армированных дорожных покрытий; придание дорожным покрытиям возможно малого (не более 1,5 %) поперечного уклона, чтобы уменьшить перегрузку колес транспорта; расположение трамвайных путей по оси улицы, по возможности на обособленном полотне; укладка прокладок из дерева или асфальтобетона между рельсами и бетонным основанием; непременная сварка стыков рельсов; устройство палисадников перед фасадами зданий.

Наиболее эффективная мера предохранений застройки от вибрации — устройство канав вдоль фронта зданий или устройство в тротуаре глубокой щели. Глубина траншей должна быть не менее глубины заложения фундамента. В городских условиях бывает сложно устраивать открытые канавы, поэтому траншеи можно заполнить гравием или уже устраивать параллельно фундаменту (по фасаду здания) подпорную стенку, заглубленную ниже подошвы фундамента. При этом между стенкой и фундаментом оставляют воздушную прослойку. Нашли также применение и облегченные подпорные стенки фахверного типа, которые одновременно можно использовать для укладки подземных трубопроводов и кабелей.

В неблагоприятных грунтовых условиях устраивают фундаменты из цельных жестких конструкций с железобетонным ростверком, углубленным возможно больше. Для предохранения зданий от вертикальных колебаний применяют изолирующие плиты и прокладки, укладываемые у междуэтажных перекрытий (картон, пробка и др.)

В ряде случаев при проектировании и строительстве зданий, назначение которых несовместимо с сотрясением (школы, больницы, лаборатории, заводы точного машиностроения, предприятия электроники, оптики и т.д.), мероприятия по защите объектов от вибрации должны разрабатываться заблаговременно и включаться в проектную документацию.

# СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

**Бакутис В.Э.** Инженерная подготовка городских территорий. М. 1976.

**Владимиров В.В.** Расселение и экология. М., 1976.

**Горохов В.А., Лунц Л.Б., Расторгуев О.С.** Инженерное благоустройство городских территорий. М., 1985.

**Денисов М.Ф.** Ландшафтное проектирование малых архитектурных форм. Уч. пособие. М., 1986.

**Дюнин А.К.** В царстве снега. М., 1983.

**Клиорина Г.И., Осин В.А., Шумилов М.С.** Инженерная подготовка городских территорий. М., 1984.

**Лунц Л.Б.** Городское зеленое строительство. М., 1974.

**Маслов Н.Н., Котов М.Ф.** Инженерная геология. М., 1971.

Руководство по охране окружающей среды в районной планировке. М., 1986.

Современные направления преобразования и использования территорий для градостроительства. Сб. науч. тр. / ЦНИИП градостроительства. М., 1978.

Справочник по проектированию, строительству и эксплуатации городских дорог, мостов и гидротехнических сооружений. Ч. II. М., 1961.

**Страментов А.Е., Бутягин В.А.** Планировка и благоустройство городов. М., 1962.

# ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ


Анализ территории *5, 8, 9*
Атмосферные осадки *54, 55, 77, 79, 121*
Барханы *107, 124, 127*
Бассейн
— водный *160, 206, 207*
— декоративный *73*
— накопительный *73*
— плескательный *168*
— стока *59*
— общий *59*
— частный *59, 60*
Благоустройство
— водоемов *161, 165*
— городских территорий *3, 4, 9, 81, 90, 133, 134, 145, 157*
— населенных мест *4, 9, 107, 119*
— пляжей *169*
Верховодка *78*
Вибрация *7, 95, 186, 202, 219, 225, 230, 231, 232*
Водоотвод *34, 35, 37, 41, 46, 50, 58, 62, 144, 188*
Воды
— гравитационные *77, 175*
— поверхностные *6, 10, 17, 21, 28, 33, 37, 41, 44, 58, 60, 113, 121, 128, 148, 170, 193, 205*
— подземные *9, 11, 75, 78, 95, 108, 113, 119, 193, 205, 206,*
Генеральный план города *5, 16, 26, 58, 119, 137, 159, 203, 225, 229*
Глубина заложения *43, 53, 61, 83, 134, 173, 231*
Грунты многолетнемерзлые *9, 94, 107, 111, 112, 113*
Дамба *11, 64, 66, 92, 103, 118, 170*
Дренаж
— вертикальный *75, 79, 81*
— горизонтальный *71, 79*
— головной *83, 97, 103*
— закрытый *80, 81*
— кольцевой *83*
— открытый *16, 79, 97*
— специальный *83*
— трубчатый *81*
Дюны *10, 107, 124, 153*
Загрязнение
— «психологическое» *188, 191*
— радиоактивное *6, 219, 229, 230*
— тепловое *186, 187, 219, 225, 228*
— химическое *189*
— электромагнитное *6, 228*
Затопление территории *8, 10, 16, 63, 73*
Землетрясение *3, 94, 107, 116, 117, 230*
Земли
— «бросовые» *4, 191*
— неудобные *4, 15, 18, 94, 188*
Зона
— санитарно-защитная *154, 203, 216, 230*
— функциональная *16, 133, 154, 215, 230*
Инженерные сети
— кабельные *134, 141*
— подземные *120, 134, 135*
Ирригация *6*
Канализация дождевая *56, 58, 73*
Карст *8, 9, 76, 115, 120, 121, 122*
Коллектор
— дренажный *90*
— обший *138, 139, 143*
Колодец
— водоприемный *33, 36, 37, 44, 59*
— смотровой *59, 62, 81, 143*
Мелиорация *6, 113, 130, 153, 188*
Микрорайон *5, 26, 44, 48, 60, 94, 110, 141, 153, 160, 173, 193, 221*
Многолетняя мерзлота *8, 107, 111, 112*
Обвалование *6, 11, 65, 75, 103*
Обводнение *3, 67, 96, 160, 171*
Объем земляных работ *32, 53, 67, 110*
Овраги *6, 54, 76, 83, 84, 92, 115, 153, 201, 223*
Озеленение *3, 19, 45, 88, 102, 130, 152, 202, 223*
Окружающая среда *4, 130, 137, 152, 184, 186, 219, 224*
Оползни *6, 10, 58, 63, 94, 115, 154, 196*

Орошение *76, 108, 158, 171, 208*
Освещение *3, 133, 158, 174, 177, 182*
Осыпи *10, 95, 119*
Отметка
— рабочая *24, 33*
— проектная (красная) *23, 33*
Оценка территории
— градостроительная *11, 15, 19, 21*
— комплексная *15, 16*
Очистка сточных вод
— биологическая *208*
— механическая *208*
— физико-химическая *208*
Паводок *8, 63, 73, 94, 161*
Перекресток *24, 35, 61, 119, 141, 150, 173, 223*
Планировка
— вертикальная *5, 10, 18, 23, 30, 42, 84, 143, 214*
— районная *5, 16, 137, 143, 192, 223*
Плотина *10, 63, 91, 103, 165, 208*
Площадь
— водосборная *56, 84*
— городская *26, 39*
Пляж *125, 129, 160, 169*
Подпорная стенка *21, 32, 45, 69, 97, 120, 161, 175, 231*
Подсыпка *19, 33, 37, 65, 75*
Подтопление территории *6, 10, 75, 203*
Покрытие
— асфальтобетонное *23, 28, 34, 148*
— искусственное *7, 45, 144, 175*
— штучное *149*
Привязка
— здания *44, 46*
— площадки *46*
Природный каркас
— района *204*
— города *203*
Профиль
— поперечный *23, 34, 54, 114, 142, 169*
— продольный *23, 26, 30, 49, 52, 84, 141*
Рельеф
— пересеченный *41, 49*
— сложный *41, 50*
Решение архитектурно-планировочное *4, 41, 130, 159*
Селевой поток *3, 10, 94, 100, 103*
Снежная лавина *7, 10, 17, 94, 106*
Сток поверхностный *10, 23, 24, 34, 54, 78, 90*
Твердые бытовые отходы *192, 197*
Транспортная развязка *26, 42, 44*
Фонтан *157, 159, 171, 174, 177*
Экологическая ситуация *6, 186*
Эрозия
— ветровая *10, 109, 127*
— водная *10, 89, 188, 189*

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ ..... 3

РАЗДЕЛ 1.
ИНЖЕНЕРНАЯ ПОДГОТОВКА ТЕРРИТОРИЙ

Глава 1. Градостроительный анализ территории ..... 9
1.1. Градостроительная оценка природных условий и физико-геологических процессов ..... 9
1.2. Комплексная оценка территории ..... 15
1.3. Место инженерной подготовки территории в градостроительном проектировании ..... 16

Глава 2. Вертикальная планировка территории ..... 18
2.1. Рельеф и его градостроительная оценка ..... 19
2.2. Методы проектирования вертикальной планировки ..... 23
2.3. Вертикальная планировка улиц, перекрестков, площадей ..... 30
2.4. Вертикальная планировка транспортных развязок ..... 42
2.5. Вертикальная планировка территорий жилых микрорайонов, зеленых насаждений и промышленных предприятий ..... 44
2.6. Подсчет объемов земляных работ ..... 53

Глава 3. Организация поверхностного стока ..... 54
3.1. Формирование поверхностного стока ..... 55
3.2. Организация стока поверхностных вод ..... 58

Глава 4. Защита территории от затопления ..... 62
4.1. Расчетные уровни воды и отметки территории ..... 64
4.2. Методы защиты территории от затопления ..... 65
4.3. Принципы проектирования защитных сооружений ..... 67

Глава 5. Защита территории от подтопления ..... 75
5.1. Горные породы и подземные воды ..... 76
5.2. Методы защиты от подтопления, дренажи и их системы ..... 78
5.3. Принципы проектирования дренажных систем ..... 83

Глава 6. Борьба с оврагами ..... 84
6.1. Виды оврагов и причины их образования ..... 84
6.2. Мероприятия по стабилизации и благоустройству оврагов ..... 87
6.3. Использование оврагов для целей градостроительства ..... 91

Глава 7. Борьба с оползнями, селевыми потоками и снежными лавинами ..... 94
7.1. Борьба с оползнями ..... 94
7.2. Борьба с селями ..... 100
7.3. Борьба с лавинами ..... 105

Глава 8. Инженерная подготовка территории в особых условиях ..... 107
8.1. Освоение заболоченных и заторфованных территорий ..... 108
8.2. Строительство в районах распространения многолетнемерзлых грунтов ..... 111
8.3. Особенности градостроительства в районах, подверженных землетрясениям ..... 116
8.4. Инженерная подготовка территории в районах распространения карстов ..... 120
8.5. Строительство в районах распространения дюн и барханов ..... 124

## РАЗДЕЛ 2.
## БЛАГОУСТРОЙСТВО ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Глава 9. Подземные инженерные сети ..... 134
9.1. Виды подземных инженерных сетей ..... 135
9.2. Способы прокладки подземных инженерных сетей ..... 138
9.3. Прокладка инженерных сетей на городских улицах и межмагистральных территориях ..... 141

Глава 10. Искусственные покрытия ..... 144
10.1. Дорожные одежды ..... 144
10.2. Покрытие тротуаров, пешеходных дорожек и площадок для отдыха ..... 150

Глава 11. Озеленение городских территорий ..... 152
11.1. Система зеленых насаждений ..... 153
11.2. Зеленые насаждения общего пользования ..... 154
11.3. Озеленение межмагистральных территорий, площадей и улиц ... 157
11.4. Принципы проектирования системы зеленых насаждений ..... 159

Глава 12. Водный бассейн города ..... 160
12.1. Благоустройство естественных водотоков и водоемов ..... 161
12.2. Благоустройство искусственных водоемов ..... 165
12.3. Благоустройство пляжей ..... 169
12.4. Обводнение и орошение городских территорий, фонтаны ..... 171

Глава 13. Малые архитектурные формы и освещение ..... 174
13.1. Малые архитектурные формы ..... 174
13.2. Освещение улиц и дорог ..... 177
13.3. Освещение межмагистральных территорий ..... 180
13.4. Особые виды освещения ..... 182

## РАЗДЕЛ 3.
## ИНЖЕНЕРНЫЕ ОСНОВЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Глава 14. Охрана почвенно-растительного покрова ..... 187
14.1. Нарушения почвенно-растительного покрова и его охрана ..... 188
14.2. Восстановление нарушенных территорий ..... 192
14.3. Сбор, удаление и обезвреживание твердых отходов ..... 197
14.4. Охрана зеленых насаждений ..... 202

Глава 15. Охрана поверхностных и подземных вод ..... 205
15.1. Взаимодействие города и водного бассейна ..... 206
15.2. Мероприятия по охране водного бассейна ..... 207

Глава 16. Охрана воздушного бассейна ..... 211
16.1. Причины и особенности загрязнения воздушного бассейна ..... 212
16.2. Мероприятия по охране воздушного бассейна ..... 215

Глава 17. Охрана окружающей среды от шума, тепловых, электромагнитных и других негативных воздействий ..... 219
17.1. Борьба с шумом ..... 220
17.2. Мероприятия по борьбе с тепловым загрязнением, электромагнитными излучениями, радиацией, вибрацией и гравитацией ..... 225

Список литературы ..... 235

Предметный указатель ..... 236

*Учебное издание*

**Владимиров** Виктор Владимирович
**Давидянц** Генрих Никитович
**Расторгуев** Олег Семенович
**Шафран** Владимир Леонтьевич

**ИНЖЕНЕРНАЯ ПОДГОТОВКА И БЛАГОУСТРОЙСТВО ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ**

Подписано в печать 02.12.2003. Формат 70x100 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура «Петербург». Печать офсетная.
Усл. печ. л. 19,44 Уч.-изд. л. 18,65 Изд. № А-22, Заказ № Я-870

Издательство «Архитектура-С»

Отпечатано в типографии ОАО ПИК «Идел-Пресс» в полном соответствии с качеством предоставленных диапозитивов.
420066, г. Казань, ул. Декабристов, 2.