ТЭЦ, АЭС, установок по обогащению ядерного топлива, нефте- и газопроводов и др.);

- *при проектировании* и строительстве жилищных объектов и комплексов *в районах с неблагоприятной экологической ситуацией*;
- *при проектировании и строительстве объектов в районах с повышенной экологической чувствительностью* природной среды к внешним воздействиям (на территориях, подверженных действию опасных геологических и гидрометеорологических процессов, в районах распространения многолетнемерзлых грунтов, вблизи особо охраняемых территорий, заповедных и водоохранных зон и т.п.).

**Оптимальная организация стационарных наблюдений** (локального экологического мониторинга) предваряется обследованием с целью выявления основных компонентов природной среды, нуждающихся в мониторинге, определения системы наблюдаемых показателей, измерения фоновых значений; ландшафтного обоснования сети.

Следующий этап — проектирование постоянно действующей системы экологического мониторинга, оборудование и функциональное обеспечение, организация взаимодействия с аналогичными системами других ведомств. Основной этап — проведение стационарных наблюдений с целью определения тенденций изменения показателей состояния природной среды, отслеживания и моделирования экологической ситуации для краткосрочных и долгосрочных прогнозов.

**Программа мониторинга** устаналивает:

- виды мониторинга (инженерно-геологический, гидрогеологический и гидрологический, мониторинг атмосферного воздуха, почвенно-геохимический, ландшафтный, фитомониторинг, мониторинг обитателей наземной и водной среды);
- перечень наблюдаемых параметров;
- обоснование сети наблюдений в пространстве;
- методику проведения всех видов наблюдений;
- частоту, временной режим и продолжительность наблюдений;
- нормативно-техническое и метрологическое обеспечение наблюдений.

Виды мониторинга и перечень наблюдаемых параметров обусловлены механизмом техногенного воздействия (физическое, химическое, биологическое) и компонентами природной среды, на которые распространяется воздействие (атмосфера, литосфера, почвы, поверхностные и подземные воды, растительность, животный мир, наземные и водные экосистемы и ландшафты в целом и т.п.).

# Часть II

# ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Глава 7. *Экологическое обоснование технологий и новых материалов*

Глава 8. *Экологическое обоснование лицензий на природопользование*

Глава 9. *Экологическое обоснование градостроительных проектов*

Глава 10. *Экологическое обоснование промышленных проектов*

Глава 11. *Экологическое проектирование объектов базовой энергетики*

Глава 12. *Геоэкологическое проектирование водохранилищ ГЭС*

Глава 13. *Геоэкологическое проектирование осушительных и оросительных систем*

Глава 14. *Геоэкологическое проектирование природоохранных объектов*

Глава 15. *Экологическое проектирование природозащитных объектов*

# 7 ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ И НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

## 7.1. Методы экологической оценки технологий

**Экологическая оценка технологии производства** — это анализ и оценка экологических последствий и экологического риска технологий в случае нормальной или аварийной эксплуатации объекта с целью доказать экологическую безопасность технологии или установить степень ее опасности.

Экологическая оценка технологий является частью экологической экспертизы существующего производства или любого проекта, поэтому необходимо дать определение экологической экспертизы технологий. ***Экологическая экспертиза технологий и техники*** — это определение экосовместимости и степени ресурсоемкости техники, а для технологии — оценка малоотходности в сравнении с выработанным нормативом или имеющимися лучшими образцами.

Экологическая оценка технологий производится при экологическом обосновании выбранного способа производства и технологии с учетом всех экологических последствий данной технологии (рис. 8). При экологической оценке технологий определяется степень *экологичности* и *экологической опасности* способов производства и технологических переделов, оцениваются выходы технологии в природную среду, делается оценка экологической опасности продукции, ее использования и хранения, а также оценивается опасность хранения и использования отходов.

**Нормативная основа** экологических оценок — это прежде всего соблюдение действующих нормативов технологии сырья, землеемкости, ресурсоемкости, отходности, а также санитарно-гигиенических нормативов.

Сравнивая технологические решения при разработке экологически безопасных технологий, необходимо оценить их технологическую уникальность в соответствии с существующими аналогами. После сопоставления технологических характеристик и существующих норма-

**Рис. 8.** Структура экологической оценки технологий производства

тивов определяются ограничения для внедрения технологии и допустимые условия ее эксплуатации. Экологическая опасность технологий определяется *превышением над зональными нормативами для ландшафта* с учетом его антропогенного загрязнения. Если на завершающей стадии экологических оценок отмечается высокая опасность технологий, необходима *разработка технологической альтернативы.*

***Методы экологической оценки технологий:***

- метод материальных балансов и технических расчетов;
- метод технологической альтернативы;
- методы прогнозирования технологического риска;
- методы регистрации экологических последствий технологий производства;
- методы оценки экологической опасности технологий.

Среди методов экологической оценки технологий доминирующее положение занимают балансовые методы.

**Метод материальных балансов и технических расчетов** позволяет провести анализ материальных балансов основных компонентов сырья и материалов, воды, загрязняющих веществ в каждом технологическом звене и на выходе в природную среду. Балансовые схемы материальных потоков позволяют выявить источники выбросов и сбросов, дать количественную оценку техногенных потоков в природную среду, выявить качественный состав и агрегатное состояние загрязнителей и в целом охарактеризовать все каналы связи технологии и природной среды.

**Метод технологической альтернативы** предполагает анализ и оценку технологии по отношению к существующим технологическим аналогам с заданной экологичностью. Он позволяет сравнить оцениваемую технологию с экологически безопасными аналогами.

**Методы прогнозирования технологического риска** — это системный анализ и прогнозирование возможных аварийных ситуаций, а также оценка технологического риска и аварийности при нормальной эксплуатации. Результативно применение имитационного моделирования и прогнозирования по технологическим аналогам в определенных природных условиях.

**Методы регистрации экологических последствий технологий производства** включают в себя системный анализ связей промышленной технологии с природной средой, а также анализ каналов связей и оценку их экологичности. При анализе воздействия → изменения → последствия применяются приемы и показатели ландшафтной и биологической индикации, геохимии техногенеза и т.д.

**Воздействие на окружающую среду** — единовременный, периодический или постоянный процесс привнесения или изъятия материи или энергии. Воздействие ведет к изменению окружающей среды.

**Изменение** — обратимая или необратимая перемена свойств, качеств, функций средообразующих компонентов природы. **Экологические последствия** — произошедшие или отдаленные изменения, приводящие к ухудшению среды обитания и условий жизнедеятельности людей и биоты ландшафта в настоящем или будущем.

**Методы оценки экологической опасности технологии** применяются для выявления экологической опасности проектируемой отрасли промышленности для ландшафтов разных природных зон. Разработана серия *интегральных показателей* воздействия и нарушения ландшафтов. ***Показатель поступления техногенных выбросов водным и воздушным путем в единицу времени на единицу площади*** характеризует интенсивность воздействия; ***показатель удельных нарушений ландшафтов на единицу выбросов или на единицу мощности*** применяется при опре-

делении экологической опасности производства для определенного зонального типа ландшафта. ***Сумма кратностей превышения содержания ингредиентов выбросов в элементах ландшафта***, рассчитанных по отношению к природному фону (региональный фон, содержание, присущее определенному зональному типу ландшафта), позволяет выявить ***суммарный эффект загрязнения*** ландшафтов. Институтом ИМГРЭ предложен и рассчитан для городов России суммарный показатель загрязнения. Существует также методика расчета индексов токсичности выбросов и сбросов отходов промышленности и рассчитаны индексы экологической опасности отрасли промышленности по отношению к природной среде.

**Нормативная основа экологической оценки технологии** определена законом РФ об экологической экспертизе и инструкциями Минприроды России: «Об организации и порядке проведения экологической экспертизы и контроля за соблюдением экологических норм при разработке новой техники, технологии материалов и веществ» и «Инструкцией по экологическому обоснованию, хозяйственной и иной деятельности».

**Технология и оборудование.** Они могут быть самостоятельными разработками или входить составной частью отраслевых технологий, проектов и планов регионального развития или решения типичных и специальных задач. Технология и оборудование рассматриваются в качестве необходимых условий решения старых и новых экологических проблем.

**Для всех стадий жизненного цикла** технологий оценивается:

- уровень прогрессивности предлагаемого решения с учетом мировой и российской конъюнктуры спроса на производимую продукцию;
- обоснованность, полнота проектных решений;
- полнота оценок воздействия на окружающую среду при всех режимах работы;
- правильность и обоснованность удельных показателей, характеризующих технологию и оборудование;
- степень опасности технологии и оборудования.

**Степень экологической опасности технологии и оборудования** определяется с учетом **масштаба и концентрации производства**; опасности веществ, используемых и возникающих в технологии; неблагоприятных особенностей и аномалий производственного процесса (таких как температура, давление, шум, излучения, применение опасных химических реагентов, ядохимикатов, растворителей, моющих веществ и т.п.); числа узлов (линий), возможный выход из строя которых ведет к аварийной ситуации.

*Экологическая оценка технологий — составная часть экологической экспертизы технологий, техники и продукции.*

## 7.2. Экологическая экспертиза технологий и продукции

Отраслевая экологическая экспертиза новой техники, технологий, материалов и веществ проводится министерствами и ведомствами, осуществляющими разработку новой технологии и продукции. Перечни видов разрабатываемой продукции, подлежащей обязательной экологической экспертизе, подготавливаются и утверждаются на определенный срок отраслевыми министерствами по согласованию с экспертными органами МПР РФ*.

На стадии технического задания (ГОСТ 15.001-88 п. 2) устанавливается обоснованность и полнота включенных в техническое задание экологических характеристик, их соответствие мировым стандартам. Конкретные экологические характеристики для новой продукции определяются организацией-заказчиком по согласованию с организацией-разработчиком и уточняются на всех этапах подготовки соответствующей документации. По *результатам экспертизы* в техническое задание вносятся необходимые изменения и уточнения.

При этом делается *оценка соответствия экологических характеристик* разработанной технической документации требованиям технического задания, установленным нормативам; *оценивается* выполнение разработчиком *замечаний экологической экспертизы* при рассмотрении технического задания. Если *экологические требования* и нормативы необоснованно изменены, продукция не должна допускаться к постановке на производство.

Рекомендуемая ***схема проведения ведомственной экологической экспертизы*** включает в себя следующие этапы.

- Формирование целей и задач экспертизы.
- Оценка источников и направлений негативного воздействия продукции на окружающую среду и потребление природных ресурсов.
- Определение соответствия экологических характеристик разрабатываемой продукции техники технологии, действующим нормам и правилам.
- Сравнительный эколого-экономический анализ и оценка разрабатываемого и базовых вариантов.
- Оценка полноты и эффективности мероприятий по предупреждению возможных аварийным ситуациям и ликвидации их возможных последствий.
- Оценка полноты, достоверности и научной обоснованности прогнозов возможного влияния новой продукции, техники тех-

---

* МПР РФ — Министерство природных ресурсов РФ.

нологии на состояние окружающей среды и использование природных ресурсов.

- Оценка выбора средств и методов контроля воздействия продукции на состояние окружающей среды и использование природных ресурсов.
- Экологическая оценка способов утилизации или ликвидации новой продукции после отработки ресурса.

Завершается экспертиза выдачей заключения ведомственной экспертизы с рекомендациями об экологической целесообразности разработки, внедрения использования продукции либо необходимости ее замены или совершенствования. Существуют три вида экспертных показателей: *техногенные, эколого-техногенные* и *эколого-экономические.*

**Техногенные характеристики** содержат: расчетные укрупненные материальные и энергетические балансы с выделением отходов, выбросов, сбросов, разделением их по видам, физическому и химическому составу, определением по массе и объему, по классам опасности, степени токсичности, биостойкости, взрывоопасности. Все эти характеристики оцениваются и сравниваются с нормативным параметром.

Техногенные характеристики включают также расчетные характеристики источников выбросов и сбросов (объемы газовоздушных смесей, загрязняющих воду; температуру, скорость прохождения смесей, концентрацию, массу, диаметры и конфигурацию источников выбросов и сбросов и т.д.). Определяются, рассчитываются уровни шума, вибраций, электромагнитных, ионизирующих и тепловых излучений, воздействий на почвенный покров, размеров санитарно-защитных зон и санитарных разрывов и сравнение их с нормативными параметрами.

**Эколого-техногенные характеристики** включают: принципы и схемы малоотходных и безотходных ресурсо- и энергосберегающих технологических решений, характеристики систем очистки выбросов и сбросов, способы утилизации и переработки отходов производства и ликвидации самой новой техники по истечении сроков ее эксплуатации; расчет возможных аварийных ситуаций, сопровождающихся выбросами и сбросами вредных веществ, с учетом времени, массы и объема, а также способов и схем ликвидации аварийных ситуаций и их последствий. В эколого-техногенные характеристики также включают расчетные удельные величины объемов отходов, выбросов, сбросов вредных веществ и их концентраций; тепловые и электрические нагрузки потребления природных ресурсов на единицу продукции или ее стоимостную характеристику; величины металло-, материало-, энергоемкости, потребление топлива на единицу пробега, грузоподъемности и сравнение их с нормативными параметрами.

**Эколого-экономические характеристики** включают: расчетные затраты на экологические мероприятия при разработке и эксплуатации новой техники, технологии и сравнение их с экологическим ущербом

от техногенных воздействий; расчетные ценообразующие характеристики новой техники и технологии с учетом экологических составляющих; расчетные удельные величины ущерба на единицу выброса (концентрации), расчетные платежи на единицу ущерба и сравнение их с нормативными параметрами.

Экологическая оценка на *стадии экологического обоснования* техники, технологии и материалов при сертификации и разработке проектной документации регламентируется *инструкцией Минприроды России по экологическому обоснованию хозяйственной и иной деятельности* от 29.12.95 № 539. В требованиях к ней определен следующий объем экологической информации:

- ресурсоемкость и ресурсосберегаемость технологии;
- технические показатели, характеризующие уровень воздействия на окружающую природную среду продукции, применяемых материалов, а именно: данные по материальному и энергетическому балансу технологического процесса (потребление – отходы) с указанием видов отходов (газообразные, жидкие, твердые), их массы (объема);
- принципы и схемы технологических процессов, систем очистки выбросов и сбросов, расчетные и экспериментальные характеристики источников сбросов и выбросов (объемы, концентрации, температуры, скорости прохождения смесей и т.д.), характеристики удельных выбросов и сбросов (в сравнении указанных характеристик с аналогичными технологиями на других объектах);
- данные о соответствии технологий существующим требованиям малоотходности и безотходности конкретных технологических процессов;
- данные об аварийности технологических схем и отдельных производств при использовании конкретных видов ресурсов (энергетических, природных) и материалов, их вероятности (с характеристиками прогнозируемых выбросов и сбросов при различных сценариях развития аварийных ситуаций);
- оценка эффективности мероприятий по предупреждению аварийных ситуаций в конкретных природных условиях при применении рекомендуемых технологий;
- оценка экологической безопасности ликвидации техники и предлагаемых технологий (при необходимости);
- характеристика уровней шума, вибрации, электромагнитного и ионизирующего излучения, их соответствие ПДУ;
- удельные показатели потребления природных ресурсов на единицу выпускаемой продукции;
- обоснованные выводы по способам утилизации или ликвидации продукции после отработки;

- обоснованные выводы по оценке воздействия на окружающую среду применяемых технических средств и технологий, а также используемых материалов и получаемой продукции;
- средства и методы контроля для оценки воздействия на окружающую среду технологий, планируемых к реализации.

***Оценка экологической опасности используемой и производимой продукции*** должна включать следующие сведения по реальной и потенциальной ее опасности:

- наличие токсикологических примесей, образующихся в процессе производства новой продукции, а также побочных продуктов, образующихся при использовании продукции, их трансформации, разложении или взаимодействии с окружающей средой;
- условия распределения и распространения токсичных примесей и побочных продуктов в районах (регионах) применения продукции — подвижность, миграция, стойкость, стабильность, время существования;
- условия трансформации, распада (разложения) побочных продуктов в окружающей природной среде, продолжительность их трансформации;
- контроль за распространением и обнаружением токсичных примесей в продукции и побочных продуктах (оценка современного уровня и предлагаемые меры);
- негативные экологические последствия попадания токсичных примесей и побочных продуктов в окружающую природную среду, пищу, жилье, производственные помещения.

## 7.3. Экологическое обоснование новых технологий, техники и материалов

При экологическом обосновании *технологических решений* оценивается прежде всего ресурсоемкость и ресурсосберегаемость технологий, их соответствие существующим требованиям малоотходности и безотходности. Анализ материальных и энергетических балансов технологических процессов (потребление — отходы), классификация отходов, выявление их видов и масс необходимы для определения уровня их воздействия на окружающую среду.

**Схемы технологических процессов,** расчетные и экспериментальные характеристики источников сбросов и выбросов (объемы, концентрации, температуры, скорости прохождения смесей и т.д.), удельные выбросы и сбросы и системы их очистки сравниваются с показателями аналогичных технологий на других объектах.

***Аварийность технологических схем и производств.*** Вероятность аварий, прогнозируемых выбросов и сбросов оцениваются для различных

сценариев развития аварийных ситуаций. Рекомендуются эффективны мероприятия по их предупреждению в конкретных природных условия при применении определенных технологий; доказывается экологическа безопасность ликвидации техники и предлагаемых технологий; предлага ются способы утилизации или ликвидации продукции после отработки определяется соответствие стандартам уровней шума, вибрации, элект ромагнитного и ионизирующего излучения и удельных показателей по требления природных ресурсов на единицу выпускаемой продукции.

**Завершается экологическое обоснование выводами по оценке воз действия на окружающую среду** применяемых технических средств технологий, а также используемых материалов и получаемой продук ции и определением средств и методов контроля за воздействием н окружающую среду.

**При оценке экологической опасности используемой и производи мой продукции** выявляется реальная и потенциальная опасность ис пользования продукции, а также токсикологическая опасность при месей, образующихся в процессе производства новой продукции, опасность побочных продуктов, их трансформации, разложения или взаимодействия с окружающей средой.

При этом необходим анализ условий распределения и распростра нения токсичных примесей и побочных продуктов в районах (регио нах) применения продукции — подвижность, миграция, стойкость стабильность, время существования.

**Материалы по экологическому обоснованию проектных решени** включают:

- оценку прогнозируемого воздействия планируемой деятельно сти на окружающую среду;
- анализ рациональности использования природных ресурсов;
- доказательства прогрессивности технологических решений при строительстве и эксплуатации объекта и технологических аль тернатив, экологическую оценку опасности продукции, раз мещения отходов производства;
- прогнозирование ущерба природной среде и населению;
- оценку эффективности и достаточности мер по охране приро ды и сохранению историко-культурного наследия.

Таким образом, материалы, обосновывающие проектные реше ния, должны содержать исчерпывающую информацию о воздействии объекта на окружающую среду при его строительстве и эксплуатации в нормальном режиме работы (максимальной загрузке оборудования) и при возможных залповых и аварийных выбросах (сбросах), а также аргументацию выбора природоохранных мероприятий.

Они включают в себя:

- характеристику экосистем (ландшафтов) в зоне воздействия объекта;

- оценку состояния компонентов природной среды, устойчивости экосистем к воздействию и способности к восстановлению;
- информацию об объектах историко-культурного наследия;
- оценку изменений в экосистемах (ландшафтах) в результате перепланировки территории и производства строительных работ;
- оценку технологических и технических решений по рациональному использованию природных ресурсов, снижению воздействия объекта на окружающую среду (очистных сооружений, установок по обезвреживанию отходов производства и потребления и т.д.);
- характеристику отходов, сведения об их количестве, экологической опасности размещения (складирования) и использовании;
- прогноз изменений природной среды (покомпонентно) и для ландшафта в целом при строительстве, эксплуатации и ликвидации объекта;
- обоснование природоохранных мероприятий по восстановлению и оздоровлению природной среды, сохранению ее биологического разнообразия;
- комплексную оценку экологического риска планируемой деятельности — отдаленных последствий воздействия (с учетом охраны природы);
- обоснование капитальных вложений в мероприятия по охране окружающей среды (дифференцированно по видам);
- размер платы за природопользование;
- программу локального мониторинга и ее финансирование;
- выбор оптимального проектного решения по использованию природных ресурсов и охране окружающей среды и минимизации воздействия на экосистемы антропогенной деятельности.

**Экологическое обоснование при реконструкции предприятий** включает сведения о произошедших изменениях в природной среде за период эксплуатации объекта; определяются также причины и характер этих изменений, планируется ликвидация последствий деятельности объекта, возмещение нанесенного ущерба. **При снятии объекта с эксплуатации (ликвидации, перепрофилировании)** необходимо сформулировать обоснование ликвидации (перепрофилирования) объекта. В этом случае следует оценить деградацию природной среды в результате деятельности объекта и последствия ухудшения экологической ситуации в регионе. Затем обосновать меры по восстановлению природной среды и созданию благоприятных условий для жизни населения.

Экологическое обоснование техники, технологии, материалов подготавливается при сертификации и разработке проектной документации с целью определения характера и уровня воздействия на окружающую среду, применяемых техники и технологии, а также

используемых в производстве материалов и веществ, на которые от сутствуют ГОСТы.

## 7.4. Экологическая экспертиза обоснования технологических решений

Экологическая экспертиза в этом случае заключается:

- в проверке соответствия нормативам ресурсоемкости и ресурсосберегаемости технологий; технических показателей, характеризующих уровень воздействия на окружающую природную среду продукции, применяемых материалов (материальных и энергетических балансов технологических процессов), с указанием видов отходов (газообразные, жидкие, твердые), их масс (объема); в экологической оценке принципов и схем технологических процессов, источников, систем очистки выбросов и сбросов и их расчетных и экспериментальных характеристик; оценке соответствия технологий существующим требованиям малоотходности и безотходности процессов; аварийности технологических схем их вероятности (с характеристиками прогнозируемых выбросов и сбросов при различных сценариях развития аварийных ситуаций);
- в оценке эффективности мероприятий по предупреждению аварийных ситуаций в конкретных природных условиях при применении рекомендуемых технологий;
- в оценке экологической безопасности ликвидации техники и предлагаемых технологий (при необходимости);
- в характеристике уровней шума, вибрации, электромагнитного и ионизирующего излучений, их соответствия ПДУ;
- в проверке удельных показателей потребления природных ресурсов на единицу выпускаемой продукции;
- в обосновании выводов по способам утилизации или ликвидации продукции после отработки;
- в достаточности оценки воздействия на окружающую среду применяемых технических средств и технологий, а также используемых материалов и получаемой продукции;
- в оценке достаточности средств и методов контроля для оценки воздействия на окружающую среду технологий, планируемых к реализации.

Экологическая экспертиза включает:

- оценку химического состава продукции;
- оценку о токсикологической опасности примесей, образующихся в процессе производства новой продукции, а также опасности побочных продуктов, образующихся при эксплуатации

продукции, их трансформации, разложении или взаимодействии с окружающей средой;

- анализ условий распределения и распространения токсичных примесей и побочных продуктов в районах (регионах) применения продукции — подвижность, миграция, стойкость, стабильность, время существования;
- оценку трансформации, распада (разложения) побочных продуктов в окружающей природной среде;
- контроль за распространением и обнаружением токсичных примесей в продукции и побочных продуктах (оценка современного уровня и предлагаемые меры).

**Нормативно-расчетные документы** должны быть достаточны для определения степени *экологической опасности* источника воздействия. Материалы, обосновывающие безопасность техники и технологий, должны включать:

- детальную характеристику технологического процесса и оборудования, их классификацию;
- оценку научной новизны и практической ценности предлагаемых технологий и технических решений;
- характеристику и оценку методического подхода к определению и расчету валовых выбросов (сбросов) от технологического оборудования;
- оценку загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду, и их характеристики;
- апробированные алгоритмы расчета удельных количеств загрязняющих веществ, поступающих в окружающую природную среду, на основе измеренных концентраций и их параметры.

Кроме того, материалы должны содержать анализ соответствия нормативно-технической документации требованиям законодательных актов. Основные положения документов должны соответствовать современным представлениям о подходах, методах, средствах, используемых в природоохранной деятельности; рекомендуемые технические решения — передовому отечественному и мировому уровню требований реализации природоохранной функции хозяйственной деятельности.

**Нормативные документы на продукцию** (материалы и вещества), используемую и получаемую в процессе хозяйственной и иной деятельности, должны разрабатываться с учетом требований ГОСТа 1.5-93. Рассмотрению экологической экспертизе должны подлежать :

- данные по физическому и химическому состоянию материалов (фазовое состояние, плотность (для сыпучих веществ — насыпная плотность); температуры размягчения, плавления, воспламенения, испарения (возгонки), кипения, замерзания

и т.п.; данные по вязкости; теплотворной способности; растворимости в воде; летучести; кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства; содержание токсичных компонентов в общей массе);

- характеристику биостойкости (биоразлагаемости) материалов в окружающей среде;
- перечень оказываемых воздействий на окружающую среду (состав и номенклатура показателей вредного воздействия, методы контроля);
- оценку воздействия материала на абиотические компоненты природной среды — изменение химического состава воздуха, физико-химических свойств почв;
- оценку воздействия материала на биологические компоненты природной среды;
- санитарно-гигиеническую оценку материалов (по нормам и правилам, утвержденным Минздравом России и Госсанэпиднадзором России);
- характеристику условий использования, хранения, транспортировки и ликвидации материала;
- мероприятия по обеспечению экологической безопасности при использовании материала, его хранении и транспортировке;
- способы утилизации, переработки и уничтожения при истечении срока пользования (эксплуатации) или хранения материала;
- сведения о потребности в специальных мерах безопасности при утилизации или уничтожении материала.

## 7.5. Экологический паспорт промышленного объекта

**Экологический паспорт промышленного предприятия** — нормативно-технический документ, включающий данные по использованию предприятием природных ресурсов и определение влияния производства на окружающую среду.

Экологический паспорт предприятия в зависимости от конкретного производства должен содержать комплекс основных взаимоувязанных требований и систему показателей, обеспечивающих соблюдение природоохранных норм и правил хозяйственной деятельности и рационального использования атмосферы, гидросферы, литосферы, растительности и животного мира.

Экологический паспорт разрабатывается предприятием за счет его средств и утверждается руководителем предприятия по согласованию с местными органами власти и территориальным органом Госкомприроды РФ, где он и регистрируется.

Основой для разработки экологического паспорта являются согласованные и утвержденные показатели производства, проекты расчета предельно допустимых выбросов (ПДВ), нормы предельно допустимых сбросов (ПДС), разрешение на природопользование, паспорта газо- и водоочистных сооружений и установок по утилизации и использованию отходов, данные государственной статистической отчетности, инвентаризации источников загрязнения и нормативно-технические документы.

Экологический паспорт для действующих и проектируемых предприятий составляется один раз в пять лет в соответствии с ГОСТом 17.0.0.04.90 и дополняется (корректируется) при изменении технологии производства, в течение месяца со дня изменений. Он включает в себя следующие разделы:

1. Краткую природно-климатическую характеристику района расположения предприятия.
2. Общие сведения о предприятии.
3. Использование земельных ресурсов.
4. Краткое описание технологических процессов и сведения о продукции, балансовую схему материальных потоков.
5. Характеристику сырья, использования материальных (земельных, водных) и энергетических ресурсов.
6. Характеристику источников воздействия на окружающую среду.
7. Характеристику выбросов в атмосферу и их источников.
8. Характеристику сбросов в водные объекты и их источников.
9. Характеристику источников сбросов на почву.
10. Характеристику твердых отходов и их источников.
11. Оценку влияния производства на окружающую среду.
12. Характеристику очистных сооружений.
13. Характеристику отходов, образующихся на предприятии.
14. Характеристику полигонов и накопителей.
15. Оценку эколого-экономической деятельности предприятия.
16. Определение предельно допустимых выбросов (сбросов и других нагрузок) предприятия в окружающую природную среду.
17. Характеристику природоохранных мероприятий.
18. Рекультивацию нарушенных земель и снятие нарушенного слоя почвы.
19. Транспорт предприятия.
20. Плату за выбросы (сбросы), размещение отходов загрязняющих веществ в окружающей среде.

Заполнение всех форм экологического паспорта обязательно. Допускается включение дополнительной информации по заполнению паспорта в соответствии с требованиями территориальных органов МПР РФ или по согласованию с ними.

*Таким образом, экологический паспорт содержит информацию о технологических процессах, потенциальных и реальных источниках загрязнения (загрязнителях), что позволяет держать под контролем экологичность способа производства, а в случае необходимости применять штрафные санкции.*

## 7.6. Декларация промышленной безопасности

Для совершенствования механизма регулирования промышленной безопасности в Российской Федерации была принята процедура лицензирования опасных видов деятельности и декларирования безопасности промышленного производства, представляющего потенциальную угрозу для природы и населения. Основой экологического декларирования является Федеральный закон «О промышленной безопасности», принятый в 1996 г., и Положение о декларации безопасности промышленного объекта РФ, утвержденное в 1995 г.

Подобная процедура применяется на практике в Европейском сообществе, она регламентируется Комитетом по Международной организации труда и Конвенцией «О предотвращении крупных промышленных аварий». Для оценки технологического риска руководство каждого опасного предприятия представляет в органы местной власти и специально уполномоченные органы Декларацию безопасности (Safety Report), в которой оценивается экологическая опасность производства и обосновываются принятые меры для безопасной эксплуатации промышленного объекта на случай аварии.

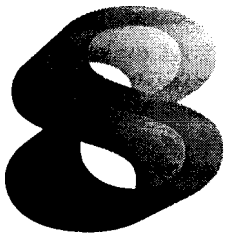
В Российской Федерации *Декларация безопасности промышленного предприятия* является документом, определяющим возможные характер и масштабы чрезвычайных ситуаций на промышленном объекте и мероприятия по их предупреждению и ликвидации. Декларация характеризует безопасность промышленного производства на этапах его ввода в эксплуатацию, эксплуатации и вывода из нее или регистрирует степень его экологической опасности. *Структура Декларации* представлена следующими разделами:

- Сведения о местонахождении, природно-климатических условиях, размещении, численности персонала промышленного объекта.
- Основные характеристики и особенности технологических процессов и производимой на данном предприятии продукции.
- Анализ риска возникновения на объекте чрезвычайной ситуации (ЧС) природного и техногенного характера, включая определение источников опасности.
- Оценка условий развития и возможных последствий чрезвычайных ситуаций, в том числе выбросов в окружающую среду вредных веществ первых классов опасности.

- Характеристика систем контроля за безопасностью промышленного производства.
- Сведения о создании и поддержании в готовности локальной системы оповещения персонала объекта и населения о возникновении ЧС.
- Характеристика мероприятий по созданию на примышленном объекте, подготовке и поддержанию в готовности и применению сил и средств по предупреждению и ликвидации ЧС, а также мероприятий по обучению работников промышленного объекта способам защиты и действий в ЧС.
- Характеристика мероприятий по защите персонала промышленного объекта в случае возникновения ЧС, порядок действия сил и средств по предупреждению и ликвидации ЧС.

Декларация разрабатывается предприятиями независимо от их организационно-правовой формы для проектируемых и действующих промышленных объектов. Она утверждается руководителем организации, в состав которой входит промышленный объект. Лицо, утвердившее декларацию, несет ответственность за полноту и достоверность представленной в ней информации. Декларация представляется в МЧС России, Гостехнадзор России и орган местного самоуправления, на территории которого расположен декларируемый объект. Декларация должна уточняться при изменении требований безопасности или сведений о промышленном объекте, приведенных в декларации, но не реже одного раза в пять лет. МЧС России совместно с Гостехнадзором организуют экспертизу деклараций и дает разъяснения по применению «Положения о декларации безопасности...».

Небольшой российский опыт декларирования безопасности производства показал возможность использования этой информации для оценки экологического риска технологий.



# ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЛИЦЕНЗИЙ НА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

## 8.1. Лицензирование природопользования

**Лицензия** (от лат. *licentia* — свобода, право) определяется как разрешение компетентного государственного органа на осуществление определенной деятельности владельцам лицензий (российским и иностранным юридическим лицам и гражданам, международным организациям).

**Лицензия на комплексное природопользование** — это разрешение, выдаваемое природопользователю, содержащее перечисление видов, объемов и лимитов хозяйственной деятельности по использованию природных ресурсов, а также экологические требования, при которых допускается их использование, и указание о последствиях несоблюдения этих требований.

**Комплексные лицензии** дают право пользования (добычи, изъятия, пользование без изъятия) одновременно несколькими ресурсами; разрешение на право комплексного воздействия (выбросов, сбросов и размещение загрязняющих веществ и отходов) и право на комплексное природопользование, включающее оба первых. Право на использование природных ресурсов оговаривается в договорах (аренды на комплексное природопользование и т.д.) или специальными «отраслевыми» лицензиями с функциями таких договоров (лицензии на право пользования недрами и т.д.).

В лицензиях на комплексное природопользование закрепляются лимиты и нормативы использования природных ресурсов; нормативы платы за их охрану и воспроизводство; нормативы и лимиты выбросов и сбросов загрязняющих веществ и размещения отходов; нормативы платы за выбросы, сбросы и размещение отходов; экологические требования и ограничения, сроки их действия; нормы экологической ответственности природопользователей за нарушения требований и условий лицензии (штрафные санкции за нерациональное и сверхлимитное природопользование). Лицензия дает право на заключение договора на природопользование.

**Договор на комплексное природопользование** закрепляет право использовать природные ресурсы в хозяйственной деятельности в определенных границах, на конкретных условиях, при соблюдении экологических нормативов и требований. В данном договоре оговаривается объем предоставляемых в пользование природных ресурсов (количество, качество, границы, территориальный ареал); условия природопользования (ограничение и экологические требования к ним); лимиты и нормативы использования (изъятия) природных ресурсов и загрязнения окружающей среды; временные (сезонные) ограничения хозяйственной деятельности, соблюдение природоохранных режимов; экологические требования к технологиям с экологической оценкой применяемых технологий; меры охраны и воспроизводства используемых природных ресурсов (с определением затрат); размер и порядок оплаты за пользование природными ресурсами и загрязнение, размеры и порядок выплат компенсационных платежей, обусловленных изъятием природных ресурсов из общего пользования.

**Обязанности природопользователя:** целевое рациональное использование ресурсов при соблюдении экологических требований с применением безопасных технологий, не допускающих ухудшение экологической ситуации в регионе. В экономические обязательства природопользователя входят: своевременное внесение платы за природопользование и загрязнение природной среды; возмещение потерь и убытков при истощении природных ресурсов и загрязнении окружающей среды.

**Процедура лицензирования** заключается в формулировке экологического обоснования лицензии, ее экологической экспертизе. Природопользователь формулирует заявку на природопользование и проект намечаемой хозяйственной деятельности, которая рассматривается исполнительной властью на конкурсной основе. Специальные лицензии на отдельные виды природопользования выдаются органами управления водными, лесными, биологическими ресурсами, недрами с учетом федеральных и региональных лимитов использования этих ресурсов.

Экологическое лицензирование природопользования осуществляется последовательно. Сначала для предприятия устанавливаются нормативы воздействия: предельно-допустимые выбросы, сбросы, нормы размещения отходов и нагрузки на природу, предельные нормы изъятия природных ресурсов. Возможно установление на определенный срок временных нормативов изъятия и воздействия (ВСВ, ВСС, ВСН и т.д.), затем определяются платежи за использование природного ресурса. Все это и составляет основу лицензии и договора на природопользование. Лицензирование в процессе природопользования иллюстрирует рис. 9.

**Рис. 9.** Объекты и типы лицензирования природопользования

## 8.2. Экологическое обоснование использования природных ресурсов

Прежде всего анализируется и оценивается современное и прогнозируемое состояние ресурсов, учитывается их уникальность и дефицитность, возможность возобновления. Должны быть обоснованы оптимальные нормы и сроки изъятия ресурсов, рациональность их использования с соблюдением природоохранных норм и правил (федеральных, региональных и местных). Обязателен прогноз изменения состояния природной среды при реализации планируемой деятельности, особенно компонентов природной среды, планируемых к изъятию (ОВОС). *Состояние ресурсов* оценивается на основании данных о распространении, запасах, динамике, возобновляемости и т.д.

В обоснованиях изъятия биологических ресурсов представляется следующая информация:

- о биологии и распространении вида, об особенностях поведения, размножения и развития;
- о состоянии местной популяции вида, ее численности, сезонной и годовой динамике, запасах (биомассе);
- о состоянии кормовой базы (для фауны);
- о существующем использовании ресурсов, особенностях заготовок (при их наличии);
- об особенностях намечаемой деятельности по изъятию (сбору, добыче) ресурсов;
- о планируемых мероприятиях по восстановлению ресурса (для возобновляемых ресурсов).

**Оценка и прогноз воздействия природопользования на окружающую среду** в обоснованиях лицензий является основанием для разработки предложений:

- по восстановлению ресурса в районе изъятия (для возобновляемых ресурсов);
- по восстановлению экосистемы;
- по финансированию компенсационных мероприятий.

Таким образом, экологическое обоснование лицензий на планируемую хозяйственную и иную деятельность, оказывающую воздействие на окружающую среду, и лицензий на изъятие (сбор, добычу) природных ресурсов должно содержать обоснование реализации этой деятельности на конкретной территории в существующих экологических условиях. При лицензировании видов деятельности, связанных с использованием природных ресурсов, необходимо также обоснование пользования ресурсами в требуемых объемах (количествах) и в конкретные сроки с указанием способов и технологий их изъятия.

**Материалы, обосновывающие лицензию, должны включать:**

- данные о планируемой хозяйственной деятельности, сведения о предприятии, предлагаемых (применяемых) технологиях, намечаемой (выпускаемой) продукции;
- объекты и виды воздействия, включая выбросы, сбросы, отходы производства (при изъятии и пользовании природным ресурсом); предполагаемые объемы и сроки расхода и изъятия природных ресурсов, изымаемые и нарушаемые территории;
- краткую физико-географическую характеристику территорий в районе намечаемой деятельности, экологическую емкость, состояние компонентов, а также изымаемых природных ресурсов;
- оценку возможных последствий планируемой деятельности, включая природопользование;
- экологические ограничения, нормы и правила деятельности на конкретной территории;

- предложения по соблюдению экологических норм и правил и снижению негативного воздействия планируемой деятельности на окружающую среду;
- обязательства лицензиата по снижению отходности производства на период действия лицензии;
- сведения о службах производственного и экологического контроля;
- характеристику финансовых и технических возможностей инвестора по реализации намечаемой деятельности, включая природоохранную;
- обязательства лицензиата по компенсационным мероприятиям в области охраны окружающей среды и возмещению возможного ущерба природной среде и населению.

**Экологическое обоснование лицензий на комплексное природопользование** для действующих объектов хозяйственной деятельности включает в себя:

- обоснование лицензий (разрешений) на выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух;
- предложения по соблюдению экологических норм, правил и снижению негативного воздействия планируемой деятельности на окружающую природную среду (атмосферу, поверхностные и подземные воды, почву, недра, растительный и животный мир);
- обоснование лицензий на забор воды из водных объектов и сброс сточных вод;
- обоснование лицензий на размещение отходов.

**Экологическое обоснование лицензий (разрешение) на водопользование** должно быть включено в состав проектной документации для проектируемых объектов и разработано в соответствии с экологическим паспортом предприятия для действующих объектов. При этом возможность водопользования должна быть определена, исходя из нормативов водопользования на конкретной территории и сведений по водопользованию планируемой деятельности, при существующих технологических процессах и перспективах их модернизации. Условия водопользования должны устанавливаться для каждого технологического участка в соответствии с формой статистической отчетности 2ТП-водхоз.

**Материалы, обосновывающие условия водопользования,** должны содержать:

- схему водного хозяйства с указанием источника водоснабжения и приемников сточных вод, мест расположения водозаборных, водосбросных и других устройств и сооружений, при помощи которых будет осуществляться водопользование;
- нормативно-обоснованную потребность объекта в водных ресурсах с обязательным подтверждением технической невозможности организаций замкнутой (без сброса в водный объект) системы водоснабжения;

- обоснование возможности изъятия из водного объекта заявленного количества воды;
- расчет предельно допустимых и временно согласованных сбросов (ПДС и ВСС) загрязняющих веществ со сточными водами в водный объект и рекомендации по их уменьшению;
- мероприятия по предупреждению попадания рыб в водозаборные сооружения, охране и воспроизводству рыбных запасов, по обеспечению зоны санитарной охраны источников хозяйственно-питьевого водоснабжения, по обеспечению учета забираемой воды и сбрасываемых сточных вод и определению их качества;
- обязательства по предупреждению возможных аварийных ситуаций и ликвидации последствий аварий.

При использовании подземных вод питьевого качества на нужды, не связанные с питьевым и бытовым водоснабжением, надлежит представить также материалы о возможности отбора подземных вод в требуемом объеме.

## 8.3. Экологическое обоснование лицензий на выбросы, сбросы и отходы

Экологическое обоснование лицензий на выброс загрязняющих веществ в атмосферу разрабатывается как для проектируемых объектов в составе проектной документации, так и для действующих объектов. В лицензии на выброс загрязняющих веществ в атмосферу конкретным предприятиям необходимо дать:

- перечень и количество загрязняющих веществ, разрешенных к выбросу, и сверхнормативных (наименование, количество в г/с и т/год) выбросов за предыдущий год, т.е. фактические выбросы;
- сведения об оплате за нормативный и сверхнормативный выброс в атмосферу за предыдущий год — причитающаяся сумма платы за фактический выброс загрязняющих веществ в атмосферу (с учетом коэффициента инфляции).

**Экологическое обоснование сброса сточных вод.** Нужно обосновать необходимость сброса стоков из-за отсутствия разработанной технологии очистки конкретного вида стоков; предоставить данные по количеству, химическому составу и санитарной характеристике сточных вод; провести гидрогеологические и геологические изыскания, а также гидрохимические, санитарно-бактериологические исследования, подтверждающие санитарную надежность и безопасность этого сброса; определить режим закачки сточных вод (суточные расходы, давление, резервные емкости и др.) и конструкцию поглощающих скважин и колодцев, способ изоляции вышележащих водоносных горизонтов от загрязнения; выбрать методы контроля за сбросом сточных вод.

**Экологическое обоснование лицензий на размещение, складирование, захоронение и уничтожение отходов** содержит:

- информацию о предприятии (месторазмещение, занимаемая площадь, состав предприятия, технологическая схема, способы складирования, размещения, захоронения, утилизации); о применяемом оборудовании, его производственных мощностях, очистных сооружениях, степени их загрузки; о наличии проекта предприятия, утвержденного в установленном порядке;
- сведения об отходах (перечень принимаемых отходов, их количество (объем), физико-химическое состояние, токсичность, опасность); данные по ежегодному поступлению отходов;
- обоснование нормативов образования отходов в соответствии с технологией производства;
- краткую характеристику состояния природной среды в районе размещения предприятия;
- разрешения на выброс загрязняющих веществ в атмосферу, водопользование и сброс сточных вод;
- экологические ограничения по складированию (размещению), захоронению отходов, исходя из экологического состояния территории и опасности загрязнения территории;
- сведения о фактических сбросах, выбросах и отходах;
- мероприятия по соблюдению экологических ограничений, норм и правил;
- схему и описание действий в условиях чрезвычайной ситуации; предложения лицензиата по снижению токсичности отходов.

В составе обосновывающих материалов представляются также сведения о деятельности лицензиата с конкретными видами отходов, указанными в лицензии.

**Экологическое обоснование лицензий (разрешений) на экспорт и импорт отходов** разрабатывается с целью определения возможного ущерба природной среде и здоровью населения в результате трансграничных перевозов и обращения с опасными и другими отходами производства и потребления. Поэтому их положения должны соответствовать требованиям и основам законодательства Российской Федерации, директивных и нормативных документов, касающихся внешнеэкономической деятельности и охраны окружающей природной среды.

***Экологическое обоснование лицензий на экспорт и импорт*** должно содержать:

- сведения об условиях контракта (соглашения) с поставщиком и получателем отходов;
- существующие ограничения (запрещения) экспорта и импорта отходов, предусмотренные международными, многосторонними и двусторонними соглашениями;

- данные об объемах отходов, их физико-химических свойствах, классе токсичности и степени опасности;
- сертификат качества отходов;
- информацию о происхождении отходов (государство, фирма, предприятие, производство);
- краткое описание метода и технологии обезвреживания и переработки отходов, оценку их эффективности и экологической безопасности;
- данные о технических возможностях получателя отходов;
- оценку экологической ситуации в регионах, в которых планируется удаление и ввоз отходов;
- прогноз последствий удаления и ввоза отходов для окружающей среды и здоровья человека;
- результаты общественного обсуждения планируемой трансграничной перевозки отходов и их использования;
- обязательства заказчика по соблюдению действующих в России и принятых в международной практике норм и правил по перевозке, упаковке, маркировке и транспортировке отходов;
- негативные экологические последствия попадания токсичных примесей и побочных продуктов в окружающую среду, пищу, жилье, производственные помещения.

**Экологическая экспертиза лицензий.** На государственную экологическую экспертизу представляются материалы на разработку предпроектной и проектной документации по охране окружающей среды и лицензии на проведение оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС), экологической оценки территорий для придания им природоохранного статуса или статуса территорий чрезвычайных ситуаций. Экспертиза оценивает экологическое обоснование лицензий на хозяйственную и иные виды деятельности, которые оказывают воздействие на окружающую природную среду, и лицензий на изъятие (сбор, добычу) природных ресурсов, лицензий на захоронение отходов и т.д.

**Обоснование лицензий на отдельные виды деятельности в области охраны окружающей среды** должно определять возможность осуществления лицензируемых видов деятельности. Прежде всего необходимо сформировать базу данных используемых в планируемой работе нормативно-правовых и инструктивно-методических документов; предоставить сведения о работе инициатора деятельности в лицензируемой области, а также перечень выполненных работ; перечень источников получения и отбора моделей обработки и систематизации информации, инструктивно-методических документов, стандартов, положений, руководств и т.д.; копии сертификатов или лицензий на используемые технические средства и оборудование (при использовании лабораторий свидетельства об их аккредитации). В обосновании лицензий приводятся сведения о практической деятельности и опыте работы.

# 9 ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ

## 9.1. Объекты и типы градостроительного проектирования

Объекты градостроительного проектирования подразделяются на городские (города и поселки) и сельские (села, станицы, деревни, хутора, кишлаки, аулы, стойбища, заимки и иные) поселения. В зависимости от численности населения городские и сельские поселения делятся на ***сверхкрупные города*** (численность населения свыше 3 млн чел.); ***крупнейшие города*** (численность населения от 1 до 3 млн чел.); ***крупные города*** (численность населения от 250 тыс. до 1 млн чел.); ***большие города*** ( численность населения от 50 до 250 тыс. чел.); ***малые города*** и ***поселки*** (численность населения до 50 тыс. чел.); ***крупные сельские поселения*** (численность населения свыше 5 тыс. чел.); ***большие сельские поселения*** (численность населения от 1 до 5 тыс. чел.); ***средние сельские поселения*** (численность населения от 200 чел. до 1 тыс.); ***малые сельские поселения*** (численность населения менее 200 чел.).

В иерархии градостроительного проектирования верхний уровень занимают генеральные схемы расселения на территории Российской Федерации, далее следуют консолидированные схемы градостроительного планирования развития территорий (районная планировка), генеральные планы городов и сельских поселений и, наконец, градостроительные проекты территорий городских и сельских поселений*.

**Цель генеральных схем расселения** на территории РФ — формулирование федеральной политики в градостроительстве и разработка мер ее реализации. Основные направления развития системы расселения, природопользования и производства определяются в соответствии с программами социально-экономического развития территории РФ. Разрабатываются меры по улучшению экологической обстановки в регионах, рациональному использованию земель, сохранению территорий — объектов историко-культурного и природного наследия.

---

* Градостроительный кодекс РФ, 1998.

обосновывается развитие инженерной, транспортной и социальной инфраструктур федерального значения.

**Главная задача генеральных схем расселения** — выявление территорий, благоприятных для развития систем расселения, и территорий с ограничениями для использования в градостроительстве.

Это прежде всего особо охраняемые природные территории; прибрежные территории; территории сельскохозяйственного и лесохозяйственного назначения; территории с экстремальными природно-климатическими условиями; территории, подверженные воздействию чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, территории залегания полезных ископаемых.

**Консолидированные схемы градостроительного планирования** разрабатываются для территорий двух и более субъектов или частей их территорий (территории экономических и крупных географических районов, систем расселения, а также оздоровительные, курортные, рекреационные и иные) в целях взаимного согласования интересов субъектов и интересов при осуществлении градостроительной деятельности. Эти схемы создаются в соответствии с Генеральной схемой расселения на территории РФ. В них осуществляется зонирование территорий; определяются меры по развитию региональных систем расселения; меры по развитию инженерной, транспортной и социальной инфраструктур межрегионального и регионального значения; меры по рациональному природопользованию с учетом интересов субъектов федерации и их устойчивого развития.

Для городских и сельских поселений разрабатываются схемы ***градостроительного планирования*** развития территорий и ***градостроительные проекты*** застройки городов и сельских поселений.

В схемы **градостроительного планирования** включаются:

- территориальные комплексные схемы градостроительного планирования развития территорий районов (уездов), сельских округов (волостей, сельсоветов);
- генеральные планы городских и сельских поселений;
- проекты черты городских и сельских поселений, черты других муниципальных образований.

**Градостроительные проекты застройки территорий** включает в себя:

- проекты планировки частей территорий городских и сельских поселений (далее — проект планировки);
- проекты межевания территорий;
- проекты застройки кварталов, микрорайонов и других элементов планировочной структуры городских и сельских поселений (далее — проект застройки).

**В территориальных комплексных схемах градостроительного пл нирования** развития территорий районов (уездов), сельских округ (волостей, сельсоветов) (схемах районной планировки) определяют

- основные направления реализации государственной полити в области градостроительства с учетом особенностей социал но-экономического развития и природно-климатических у ловий районов (уездов), сельских округов (волостей, сельс ветов);
- зоны различного функционального назначения и ограничен на использование территорий указанных зон;
- меры по защите территорий районов и сельских округов воздействия чрезвычайных ситуаций природного и техноге ного характера;
- направления развития инженерной, транспортной и социал ной инфраструктур межселенного значения;
- территории резерва для развития поселений;
- территории для индивидуального жилищного строительств строительства дач, садоводства, огородничества;
- территории для организации мест отдыха населения;
- иные меры по развитию территорий районов (уездов), сель ких округов (волостей, сельсоветов), установление границ п селений и природных зон городов, обеспеченность ресурсам

**Генеральные планы городских и сельских поселений.** «*Генеральн план является основным градостроительным документом, определя щим в интересах населения и государства условия формирования сре жизнедеятельности, направления и границы развития территорий г родских и сельских поселений, зонирование территорий, развитие инж нерной, транспортной и социальной инфраструктур, градостроител ные требования к сохранению объектов историко-культурного наслед и особо охраняемых природных территорий, экологическому и санита ному благополучию*»*.

**Генеральный план** — градостроительная документация о плани ровании развития территорий городских и сельских поселени

В генеральном плане городского или сельского поселения опред ляются:

- основные направления его развития с учетом социально-эк номических особенностей; природно-климатических услови численности населения;
- зоны различного функционального назначения и ограничени на использование территорий указанных зон;

---

* Градостроительный кодекс РФ, 1998.

- меры по защите территории от воздействия чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера; перспективы развития инженерной, транспортной и социальной инфраструктур;
- территории резерва для развития городского или сельского поселения с учетом пропорций застроенной и незастроенной территории.

В генеральных планах городов устанавливаются границы поселений, а также определяется обеспеченность ресурсами в целях комплексного развития территорий поселений. *Основа поселения — историко-архитектурный опорный план такого поселения и проекты зон охраны памятников истории и культуры.*

**Проекты черты городского и сельского поселений** разрабатываются на основе генеральных планов городских и сельских поселений или территориальных комплексных схем градостроительного планирования развития территорий районов (уездов), сельских округов (волостей, сельсоветов). Проекты черты малых городов и поселков, черты сельских поселений могут разрабатываться в составе генеральных планов указанных поселений.

**Проекты черты городского и сельского поселений**, черты другого муниципального образования, за исключением проектов черты городов федерального значения, разрабатываются органами местного самоуправления соответствующего поселения или другого муниципального образования в порядке, установленном градостроительным кодексом РФ.

**Проекты черты городов Москвы и Санкт-Петербурга** разрабатываются органами государственной власти городов Москвы и Санкт-Петербурга по согласованию с органами государственной власти субъектов Российской Федерации сопредельных территорий и утверждаются Правительством Российской Федерации.

Утверждение проектов черты городских и сельских поселений, черты других муниципальных образований не допускается без учета мнения населения, интересы которого затрагиваются при изменении черты указанных поселений и муниципальных образований.

**Зонирование территорий для градостроительства.** На схемах зонирования территорий определяется вид использования территорий и устанавливаются ограничения на их использование. Не допускается проектирование городов:

- в зонах охраны памятников истории и культуры, историко-культурных комплексов и объектов, заповедных зон;
- в зонах особо охраняемых природных территорий, в том числе округов санитарной (горно-санитарной) охраны;
- в санитарных защитных и санитарно-защитных зонах;
- в водо-охранных зонах и прибрежных защитных полосах;
- в зонах санитарной охраны источников водоснабжения;

- в зонах залегания полезных ископаемых;
- на территориях, подверженных воздействию чрезвычайных си туаций природного и техногенного характера;
- в зонах чрезвычайных экологических ситуаций и экологичес ких бедствий;
- в зонах с экстремальными природно-климатическими условиям

Функциональное назначение территорий и интенсивность их ис пользования зависит от ограничений природного и техногенного ха рактера.

**Функциональное зонирование городских территорий.** В черте город обособляются жилые зоны; общественно-деловые зоны; производстве ные зоны; зоны инженерной и транспортной инфраструктур; рекре ционные зоны; зоны сельскохозяйственного использования; зон специального назначения; зоны военных объектов, иные зоны р жимных территорий, а также территориальные зоны общего польз вания.

**Жилые зоны** (селитебные) предназначены для застройки много квартирными многоэтажными жилыми домами, жилыми домами м лой и средней этажности, индивидуальными жилыми домами с при усадебными земельными участками. В жилых зонах допускается разм щение объектов социального и культурно-бытового обслуживани населения, культовых зданий, стоянок автомобильного транспорт промышленных, коммунальных и складских объектов, для которы не требуется установление санитарно-защитных зон и деятельност которых не оказывает вредное воздействие на окружающую среду (шу вибрация, магнитные поля, радиационное воздействие, загрязнен почв, воздуха, воды и иные вредные воздействия). К жилым зона относятся также территории садоводческих и дачных кооператив расположенные в пределах границ (черты) поселений.

**Общественно-деловые зоны** предназначены для размещения объе тов здравоохранения, культуры, торговли, общественного питани бытового обслуживания, коммерческой деятельности, а также обр зовательных учреждений среднего профессионального и высше профессионального образования, административных, научно-иссл довательских учреждений, культовых зданий и иных зданий, строени и сооружений, стоянок автомобильного транспорта, центров делово финансовой, общественной активности. Сюда могут также включать жилые дома, гостиницы, подземные или многоэтажные гаражи.

**Производственные зоны** (промышленные, коммунальные) пред назначены для размещения промышленных, коммунальных и скла ских объектов, объектов инженерной и транспортной инфрастру тур, сюда также относятся санитарно-защитные зоны таких объекто

В **санитарно-защитных зонах** не допускается размещение жил домов, образовательных учреждений, объектов здравоохранения, отды



ха, физкультурно-оздоровительных и спортивных сооружений. В них запрещено производство сельскохозяйственной продукции, размещение садоводческих, дачных и огороднических кооперативов.

**Зоны инженерной и транспортной инфраструктур** (инфраструктурные зоны) предназначены для размещения и функционирования сооружений и коммуникаций железнодорожного, автомобильного, речного, морского, воздушного и трубопроводного транспорта, связи, инженерного оборудования. Для предотвращения их вредного воздействия на среду соблюдаются необходимые расстояния от таких объектов до жилых, общественно-деловых и рекреационных зон.

Благоустройство отводов и санитарно-защитных зон возлагается на собственников сооружений и коммуникаций транспорта, связи, инженерного оборудования. Не допускается размещение сооружений, коммуникаций, транспорта, связи, инженерного оборудования, оказывающих вредное воздействие на население в пределах городской черты.

**Рекреационные зоны** предназначены для организации мест отдыха населения и включают в себя парки, сады, городские леса, лесопарки, пляжи, иные объекты. В рекреационные зоны могут включаться особо охраняемые природные территории и природные объекты. В них не допускаются строительство и расширение действующих промышленных, коммунальных и складских объектов, не связанных функционально с рекреацией.

В пределах границ (черты) городских и сельских поселений выделяются **зоны сельскохозяйственного использования**, занятые пашнями, садами, виноградниками, огородами, сенокосами, пастбищами, а также сельскохозяйственными зданиями, строениями, сооружениями. В соответствии с генеральным планом и правилами застройки статус этих зон может быть изменен.

**Зоны специального назначения** выделяются для размещения кладбищ, крематориев, скотомогильников, свалок бытовых отходов и иных объектов, использование которых несовместимо с использованием других видов территориальных зон городских и сельских поселений. Эти зоны должны также иметь санитарно-защитные зоны или зоны санитарного разрыва, отделяющие их от жилой застройки.

**В пригородных зонах городов** выделяются **зеленые массивы**, выполняющие санитарные, санитарно-гигиенические и рекреационные функции. В них запрещается хозяйственная и иная деятельность, оказывающая вредное воздействие на окружающую природную среду.

## 9.2. Экологическое обоснование проектов

В экологическом обосновании градостроительных проектов оценивается *экологическая безопасность* проживания населения, целесообразность и оптимальность градостроительных проектных решений, выбор

основных сооружений, намечаемых мероприятий по охране природы и сохранению историко-культурного наследия. В нем определяются:

- устойчивое социально-экономическое развитие территории;
- рациональное природопользование, в том числе землепользование;
- комфортные условия проживания населения, отвечающие утвержденным нормативам и требованиям населения к качеству окружающей среды;
- защита территорий от опасных природных и техногенных воздействий;
- сохранение и восстановление историко-культурного наследия, уникальных природных ландшафтов, памятников архитектуры, садово-паркового искусства.

**Нормативная основа экологического обоснования** в градостроительных проектах — это нормативы и ограничения природопользования, санитарно-гигиенические нормы и правила, а также другие регламенты, определяющие экологическую безопасность проживания населения, в том числе нормативы качества окружающей среды и нормативы воздействия на нее.

**Генеральный план и экологический паспорт города (поселения)** являются основными документами, определяющими экологические условия проживания населения, перспективы сохранения природных богатств и историко-культурного наследия города.

При разработке генерального плана города должны быть решены следующие задачи:

- приоритетность решения экологических и социальных проблем;
- соответствие принимаемых решений ранее принятым решениям в схемах расселения, природопользования и территориальной организации производительных сил, схемах и проектах районной планировки и других проектных материалах;
- объективность информации о природных особенностях территории, объектах историко-культурного наследия, производственных мощностях, технологических процессах и других мероприятиях, осуществляемых и планируемых на конкретной территории;
- комплексность оценки воздействия на окружающую среду намечаемой деятельности;
- разработка комплекса мер по снижению негативного воздействия на окружающую среду, оценка качества окружающей среды;
- определение требований (рекомендаций) населения по улучшению экологической ситуации в городе (поселении).

В генеральных планах городов (поселений) необходимо экологически обосновать: выбор места (района) размещения нового города; размер (границы) города с учетом перспективы увеличения численности населения; планировочную структуру городской территории; функциональную организацию территории, размещение промышленных, селитебных и рекреационных объектов; размещение общественных центров, жилой застройки, улично-дорожной сети; размеры санитарно-защитных зон промышленных объектов; потребность города в ресурсах, в том числе природных, энергетических, трудовых и др.; защиту территории от опасных природных процессов и явлений; размещение отходов города, в том числе промышленных и бытовых (твердых, жидких, газообразных), условия их хранения, захоронения и переработки. На территории города (поселения) не следует размещать объекты, функционально не связанные с его деятельностью и негативно влияющие на экологическое состояние городской среды.

**Экологическое обоснование в генеральном плане города (поселения)** должно включать*:

- анализ и оценку существующей структуры землепользования, подтвержденную расчетами, аргументацию необходимости использования дополнительных земельных площадей;
- характеристику природных условий территории в районе размещения города (поселения), его историко-культурного наследия, оценку существующего экологического состояния городской среды, комплексный анализ состояния атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, ландшафтов, изменения геологических процессов при строительстве сооружений, экологической ситуации в жилых, промышленных и ландшафтно-рекреационных зонах;
- данные о водопользовании, оценку возможности дополнительного водообеспечения при перспективах развития города и прогнозируемых изменениях численности населения;
- сведения о сточных водах (количество, качество), включая ливневые, просадки карстов и др., способах их очистки, оценку возможности использования нормативно-очищенных сточных вод (при технической невозможности повторного использования сточных вод — оценку предельно допустимого сброса загрязняющих веществ);
- анализ планировочной структуры города (поселения), оценку организационных мероприятий по планировке территории;
- сведения о количестве и токсичности поступающих отходов (с учетом перспектив развития города и изменений отходнос-

---

* *Приводится с учетом документа «Инструкция по экологическому обоснованию хозяйственной и иной деятельности» (1995).*

ти промышленных производств), способах складирования и утилизации;
- оценку загрязнения городской среды промышленными объектами, транспортными средствами (с учетом существующей и планируемой дорожно-транспортной сети);
- мероприятия по защите населения от физических воздействий (шума, вибраций, электрических и магнитных полей, ионизирующего излучения, радиации), оценку их достаточности;
- планируемые мероприятия по озеленению города, сохранению уникальных природных и исторических объектов, анализ их достаточности;
- оценку рекреационного потенциала города, расчет размеров зеленых зон городов при перспективном развитии города (поселения);
- прогноз изменений экологических условий в городской среде при реализации намечаемых решений по структурной организации территории и архитектурно-планировочных, архитектурно-строительных и природоохранных мероприятий;
- оценку комфортности проживания в различных зонах города при существующей системе расселения и в перспективе при реализации планируемых решений (архитектурно-строительных, организационных, природоохранных), оценку экологического риска намечаемых градостроительных решений;
- мероприятия по организации экологического мониторинга в городе (поселении).

**Картографические материалы в экологическом обосновании генерального плана города (поселения).** Они включают:
- ландшафтно-экологическую карту города/поселения (карту существующего экологического состояния городских ландшафтов);
- компонентные карты (геологическая, почвенная, растительности, животного мира, особо охраняемых территорий, защищенности грунтовых вод и т.д.);
- карту-схему источников загрязнения городской среды и физических воздействий;
- карту расположения объектов историко-культурного наследия;
- карту прогнозируемого экологического состояния городской среды и пригородной зоны.

Выбор земельного участка под строительство населенного пункта (города) или его расширение должен осуществляться с учетом санитарно-гигиенических и экологических показателей городской среды и степени экологической опасности градостроительных решений, соответствия функционального использования природному потенциалу территории.

Проектирование функциональных зон оптимально при учете ландшафтной структуры территории, с вписыванием градостроительного каркаса города в морфоструктуру природного ландшафта, который (архитекторами-проектировщиками) именуется «природным комплексом» города.

**Ландшафтное планирование** городской среды позволяет оценить полифункциональность территории, обосновать природные границы различных функциональных зон, особенно рекреационных и селитебных. Вписывание города в природный ландшафт — непременное условие оптимальной планировочной организации городской среды, которая достигается максимальным соответствием функционального использования территории ее природным особенностям и потенциалам.

## 9.3. Информационная основа проектирования

Для экологического обоснования градостроительных проектов производят сбор и анализ материалов, характеризующих природные (зональные и региональные) особенности территории; современное и перспективное хозяйственное использование территории города, района и т.д.; современное экологическое состояние городской среды; демографические особенности территории, ее историко-культурную ценность; режим природопользования на территории, особо охраняемые природные объекты, распространение активно-опасных природных процессов и явлений; ресурсную обеспеченность города (источники водоснабжения, подземные воды и т.д.); инфраструктурную обеспеченность (транспорт, связь и т.д.); состояние здоровья местного населения и динамику его численности.

Для получения информации используют результаты государственных съемок территории; геологической, гидрогеологической, почвенной и т.д.; космическую информацию и аэрофотосъемку. Наиболее широко используются фото- и сканерные съемки. Необходимо использовать изданные геологические, гидрогеологические, инженерно-геологические, ландшафтные, почвенные, растительности, зоогеографические карты, а также тематические эколого-географические, геоэкологические (эколого-геологические), биоэкологические, эколого-геохимические, медико-экологические карты. Материалы по природным условиям региона собирают в архивах и фондах научно-исследовательских, научно-производственных организаций, выполняющих ландшафтные, почвенные, геоботанические, медико-биологические исследования на территории РФ. Материалы по состоянию и загрязнению компонентов ландшафта — в архивах государственных органов по охране окружающей среды и их территориальных подразделениях, центрах по гидро-

метеорологии и мониторингу окружающей среды, центрах санитарно-эпидемиологического надзора Минздрава России.

Используются также данные статистической отчетности, в том числе экологической, сведения о техногенной трансформации территории могут быть получены в территориальных органах по строительству и архитектуре, в управлениях предприятий, водопроводно-канализационного хозяйства, службах эксплуатации жилищно-коммунального хозяйства и других природно-техногенных систем.

## 9.4. Ландшафтное планирование и концепция городского ландшафта

Ландшафтное планирование, в зависимости от масштаба исследований, может осуществляться в виде «Ландшафтной программы», «Рамочного ландшафтного плана» и «Ландшафтного плана»*.

**Ландшафтное планирование** — построение такой пространственной организации деятельности в конкретных ландшафтах, которая бы обеспечивала устойчивое и рациональное природопользование и сохранение основных функций природных ландшафтов как системы поддержания жизни.

**Ландшафтная программа** — плановый документ, в котором, на основе анализа функциональных ландшафтных зон на территории планирования, определяются основные направления и ограничения природопользования. Ландшафтная программа оформляется в виде карты с пояснительным текстом, разработку «Ландшафтной программы развития территории» осуществляют в масштабе от 1:1 000 000 до 1:500 000. В градостроительном проектировании это уровень генеральных схем расселения, консолидированных схем градостроительного планирования. «Ландшафтная программа развития территории» — основание для построения этих схем.

**Рамочный ландшафтный план** (масштаб от 1:200 000 до 1:100 000) представляет собой серию среднемасштабных карт и текстов оценок природно-ресурсного потенциала, а также современного использования ландшафтов и рекомендаций по экологически целесообразному природопользованию, ограничению его, сохранению или ограничению использования определенных видов ландшафтов. Среднемасштабный ландшафтный план рекомендуют составлять для территорий административных единиц субъектов РФ, он соответствует уровню территориальных комплексных схем градостроительного планирования развития территорий районов.

---

* *Антинов А. Н., Дроздов А. В.* и др. Методические рекомендации по ландшафтному планированию. М., 2002.

Крупномасштабный «Ландшафтный план» — более детальный (1:25 000 и крупнее). Это детализация «Рамочного ландшафтного плана». «Ландшафтный план» основан на анализе территории ландшафтного планирования при реализации конкретных программ и проектов природопользования. Реализуется он при разработке генеральных планов городов, градостроительных проектов застройки территорий.

При ландшафтном планировании обозначаются три типа целей — ***сохранение, развитие, улучшения ландшафта.*** Первый тип ориентирован на сохранение существующего состояния, а именно — неиспользование, отказ от интенсивного использования и перевод интенсивной формы в экстенсивную. В «развитии» допускается как экстенсивное, так и интенсивное использование ландшафта. При этом может быть сохранение существующего экстенсивного использования; сохранение существующего интенсивного использования при его регламентировании; перевод неиспользуемой или слабо используемой территории в категорию экстенсивного использования; перевод неиспользуемых ландшафтов в категорию интенсивного использования (регламентированная интенсификация развития). «Улучшение» планируется для ландшафтов, подвергшихся интенсивному использованию либо интенсивно использующихся в настоящее время.

**Концепция городского ландшафта.** При ландшафтном планировании городской среды объектом оценок и картографирования является городской ландшафт.

**Городской ландшафт** сочетает в себе свойства природного ландшафта и функциональные особенности городских технических систем и представляет собой иерархическую систему, состоящую из взаимодействующих природной и технической подсистем, развивающихся по природным и социальным закономерностям.

Современным функциональным типом городских ландшафтов присуща определенная нарушенность природного (восстановительного) ландшафта и функциональная целостность.

**Городской ландшафт** — это функциональное и территориальное единство в разной степени измененных естественных компонентов природного ландшафта, городских технических систем и техногенных комплексов.

Проблема классификации городских ландшафтов привлекла многих исследователей. Ф. Н. Мильков рассматривал городской ландшафт как подтип селитебных ландшафтов, выделяя при этом садово-парковые, мало- и многоэтажные, заводские городские ландшафты. Ю. Т. Тютюнник делил ландшафты на природные (лесные, луговые и болотные), природно-техногенные (садово-огородные, парковые) и техногенные (промышленные и утилизационные).

В основу ***классификации городских ландшафтов*** могут быть положены *физико-географические факторы*, такие как геолого-геоморфологические, климатические и т.д., и *факторы функционирования природных подсистем* в качестве составных частей городских технических систем — технические, технологические, социальные. При этом необходима дифференциация по генезису — на собственно *техногенные* и *условно природные комплексы*.

В такой классификации классификационными признаками могут служить сохранившиеся природные элементы и степень их измененности, степень перестройки морфологической структуры природного ландшафта. Природные ландшафты в городской среде структурно изменяются с появлением новых техногенных комплексов, но не перестают развиваться по природным закономерностям. В основу классификации городских ландшафтов по функциональным признакам может быть положено соотношение селитебных, промышленных (производственных), рекреационных и других функциональных зон города.

Различные функциональные типы городских ландшафтов образуют ячеистую структуру города. Это прежде всего промышленные, селитебные комплексы, различающиеся по типу застройки, городские комплексы инфраструктуры (транспортные, коммунальные), а также другие функциональные типы городских ландшафтов (рекреационные, сельскохозяйственные). Внутренняя неоднородность городов выявляется на классических ландшафтных картах, при составлении которых выявляется морфологическая структура природных ландшафтов, показывающая их естественную дробность, соподчиненность, распространение, доминирование определенных ландшафтов.

Границы же городских ландшафтов устанавливают в процессе ***ландшафтно-экологического картографирования.*** Содержание ландшафтно-экологических карт городских ландшафтов составляет совмещенный анализ ландшафтной структуры города и его функциональных зон, технических объектов и техногенных комплексов. Этапы ландшафтно-экологического картографирования городских ландшафтов следующие.

1. Анализ ландшафтной структуры города на основе созданных крупномасштабных ландшафтных карт (карт восстановленных ландшафтов), ландшафтно-геохимических карт и карт потенциала загрязнения элементов и компонентов ландшафтов.

2. Изучение и картографирование техногенного блока городских ландшафтов: рассматриваются техногенные модификации и трансформации природных ландшафтов, техногенные формы рельефа, выявляются источники воздействия, анализируются техногенные потоки, вовлекаемые в природные миграционные циклы.

3. Анализ функционального зонирования городской среды.

Совместная интерпретация результатов этих исследований позволяет выделить ***гомогенные ландшафтно-функциональные комплексы*** —

***городские ландшафты***, которые являются либо техногенными модификациями природных комплексов, либо вновь созданными техногенными комплексами, либо различными сочетаниями природных комплексов и технических сооружений.

Концепция городского ландшафта неразрывно связана с методологией экогеохимии городов. Методология и методика эколого-геохимической оценки городов разрабатывалась в 1980—1990 гг. на географическом факультете МГУ под руководством Н. С. Касимова и обобщена в монографии «Экогеохимия городских ландшафтов» (1995). Одновременно разработаны методические рекомендации по геохимической оценке источников загрязнения территории городов химическими элементами.

В основе методологии экогеохимии городов — синтез теоретических представлений геохимии ландшафтов, геохимии окружающей среды с двумя основными концепциями экологического изучения городов. Это, во-первых, ***представления о городе, как центре концентрации вещества и энергии***, поступающих с транспортными и промышленными потоками, с положительным вещественно-энергетическим балансом, что приводит к формированию геохимических и геофизических аномалий в городской среде. Во-вторых, рассмотрение ***города как мощного источника техногенных веществ***, включающихся в региональные миграционные циклы.

В мировой практике сложились три основных направления экологического изучения городов: *анализ воздушной среды и выбросов в атмосферу*, как главного фактора создания экологической ситуации в городе; *анализ водооборота города*, как основного потребителя и загрязнителя природных вод с экологической оценкой качества питьевых и хозяйственных вод и экологической опасности стоков и, наконец, анализ депонирующих (аккумулирующих) *сред, включающих снег, почвы, растения, донные отложения водоемов*, химический состав которых индицирует загрязнение городской среды. Результатом реализации концепции экогеохимии городов было установление геохимического спектра загрязнения большинства крупных городов России и разработка геохимических показателей загрязнения городской среды, в частности суммарного показателя загрязнения городской среды, который в настоящее время приравнен к санитарно-гигиеническим нормативам.

В качестве примера приведена карта городских комплексов малого города — наукограда (рис. 10), где изображены основные функциональные типы городских ландшафтов и ареалы структурных каркасов города, которые организуются по функциональному предназначению. Различные типы городских ландшафтов организуют ячеистую структуру города. Это прежде всего городские селитебные комплексы, различающиеся по типу застройки, которые объединены инфраструктурными (транспортными) комплексами ***в градостроительный каркас***.

Промышленные комплексы (промышленные зоны) с их санитарно-защитными зонами и сферами воздействия на другие функциональные типы городских ландшафтов организованы ***в промышленный каркас***. Городские водные и наземные природные комплексы (слабоизмененные природные ландшафты — парки, лесопарки, свободное пространство от застройки, рекреационные комплексы и даже агроландшафты) образуют ***экологический каркас города***, обеспечивающий качество сферы обитания населения.

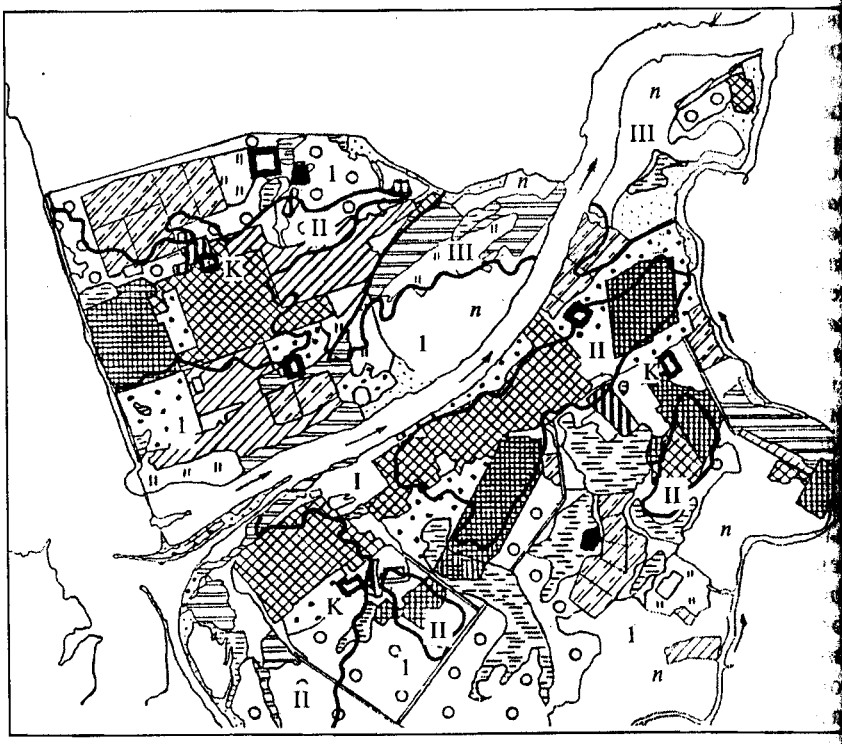



**Рис. 10.** Карта городских ландшафтов малого города наукограда:
— границы террас (I, II, III)

# ЛЕГЕНДА к рис. 10

| Природный каркас городских ландшафтов | | Функциональные типы городских ландшафтов | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Селитебный | | Промышленный | | | |
| | | с системой канализации | без канализации | производственные | ТБО | очистные | котельные |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Первая надпойменная терраса — I | С вершинной слабовыпуклой поверхностью с дерново-среднеподзолистыми песчаными почвами под чернично-брусничными сосняками | | | | | | |
| | С основной полого-волнистой поверхностью с дерновыми песчаными почвами под березово-сосновыми хвощевыми лесами | | | | | | к |
| | С ложбинообразными понижениями на основной поверхности с дерново-подзолистыми глееватыми почвами под ольхово-березовыми лесами | | | | | | |
| Вторая надпойменная терраса — II | С вершинами холмов с дерново-сильноподзолистыми почвами под чернично-брусничными сосняками | | | | | | |
| | С пологими склонами с дерново-среднеподзолистыми песчаными почвами под елово-сосновыми бруснично-кисличными лесами | | | | | | к |
| | С основной полого-волнистой поверхностью с дерновыми оторфованными легкосуглинистыми почвами под березовыми осоковыми лесами, дерновыми песчаными почвами под осиново-березовыми влажнотравными лесами и дерновыми песчаными почвами под березово-еловыми влажнотравными лесами | | | | | | |
| Высокая пойма — III | С гривистыми повышениями на основной поверхности с легкосуглинистыми дерновыми почвами под осиново-березовыми влажнотравными лесами | | | | | | |
| | С грядово-волнистой поверхностью с дерновыми песчаными почвами под сосново-березовыми лесами | | | | | | |
| | С межгрядовыми понижениями на основной поверхности с дерново-луговыми легкосуглинистыми опесчаненными почвами под злаково-разнотравными лугами | | | | | | |

*Продолжение легенды*

| Природный каркас городских ландшафтов | | Функциональные типы городских ландшафтов | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Сельскохозяйственный | | Транспортный | | | Рекреационный | |
| | | | | дороги | | | | |
| | | земледельческий | животноводческий | автомобильные | железные | гаражи | пляжи | парки и лесопарки |
| 1 | 2 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Первая надпойменная терраса — I | С вершинной слабовыпуклой поверхностью с дерново-среднеподзолистыми песчаными почвами под чернично-брусничными сосняками | | | | | | | |
| | С основной полого-волнистой поверхностью с дерновыми песчаными почвами под березово-сосновыми хвощевыми лесами | п | | | | | | |
| | С ложбинообразными понижениями на основной поверхности с дерново-подзолистыми глееватыми почвами под ольхово-березовыми лесами | | | | | | | |
| Вторая надпойменная терраса — II | С вершинами холмов с дерново-сильноподзолистыми почвами под чернично-брусничными сосняками | | | | | | | |
| | С пологими склонами с дерново-среднеподзолистыми песчаными почвами под елово-сосновыми бруснично-кисличными лесами | | | | | | | |
| | С основной полого-волнистой поверхностью с дерновыми оторфованными легкосуглинистыми почвами под березовыми осоковыми лесами, дерновыми песчаными почвами под осиново-березовыми влажнотравными лесами и дерновыми песчаными почвами под березово-еловыми влажнотравными лесами | | | | | | | |
| Высокая пойма — III | С гривистыми повышениями на основной поверхности с легкосуглинистыми дерновыми почвами под осиново-березовыми влажнотравными лесами | | | | | | | |
| | С грядово-волнистой поверхностью с дерновыми песчаными почвами под сосново-березовыми лесами | п | | | | | | |
| | С межгрядовыми понижениями на основной поверхности с дерново-луговыми легкосуглинистыми опесчаненными почвами под злаково-разнотравными лугами | | | | | | | |

# 10 ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОЕКТОВ

**Типы промышленного проектирования.** К проектам промышленного проектирования относятся схемы развития отраслей промышленности (плановый, предпроектный, прединвестиционный уровень), проекты промышленных инвестиционных программ, а также технико-экономические обоснования и проекты строительства, реконструкции, расширения, технического перевооружения, консервации и ликвидации промышленных объектов. По сути — это предпроектный и проектный уровень разработок, а в плане инвестирования — обоснование инвестиций и инвестиции в строительство.

**Объекты промышленного проектирования.** Пример промышленных объектов в черной и цветной металлургии. Это прежде всего ***добывающие комплексы***, извлекающие на земную поверхность минерально-сырьевые ресурсы различными техническими средствами, существует подземный и открытый способы добычи полезных ископаемых (руды), поэтому добывающие производства могут быть представлены рудниками, карьерами (открытые разработки), шахтами, их сопровождают отвалы и другие техногенные комплексы.

**Обогатительные производства** предназначены для обогащения руд и превращения их в концентраты, существуют разные способы обогащения — магнитная сепарация, химические способы и т.д. Обогатительные комплексы могут быть фабриками, горно-обогатительными комбинатами (ГОКи), в зависимости от комплексирования с добывающими производствами.

**Производства по выплавке металлов.** Они включают рудную плавку, плавку обогащенных концентратов и т.д. В эти производства входят и электролизные рафинировочные процессы, после которых «черновой» металл превращается в высококачественную сталь, никель, медь, кобальт, молибден и т.д.

**Горно-металлургические комбинаты** объединяют добывающие, обогатительные и выплавляющие производства. Это происходит в том случае, если добывающаяся руда обогащается и выплавляется в месте ее добычи. Для них характерна интенсивная концентрация основных производств, которые сопровождаются множеством вспомогательных. Горно-металлургический комбинат — самый сложный объект проектиро-

вания, самая сложная структура взаимодействия техники с природн средой, а потому им присуща высокая степень экологической опасно

**Промышленные проекты** — это прежде всего инвестиционные пр екты. Без внушительных капитальных вложений их реализация нево можна; общее, что их всех объединяет, — это процедура экологиче кого обоснования инвестиционных проектов.

## 10.1. Процедура экологического обоснования инвестиционных проектов

В инвестиционный проект входят экологическое обоснование де тельности и план инвестиций (ст. 1 ФЗ «Об инвестиционной деятел ности в РФ»). Инвестиционный проект осуществляется в три стади

- формирование инвестиционного замысла и подготовка «Д кларации (ходатайства) о намерениях»;
- обоснование инвестиций (предпроектная стадия);
- подготовка технико-экономического обоснования (предпр ектная стадия).

**Инвестиционный проект** — обоснование экономической цел сообразности, объема и сроков осуществления капитальны вложений, проектно-сметная документация, соответствующа нормам и правилам проектирования.

Экологически и экономически обоснованные решения инициат ров хозяйственной или иной деятельности не должны противоречи программам развития регионов, схемам размещения отраслей пр мышленности. Они должны гарантировать экологическую безопасност населения, благоприятные условия для проживания населения; ми нимальный ущерб природной среде при устойчивом социально-эко номическом развитии территории; рациональное и экономное расхо дование природных, материальных, топливно-энергетических и тру довых ресурсов; сохранение биологического разнообразия, чистот воздуха, источников водоснабжения и других природных объектов исторического наследия народа; выпуск экологически безопасно продукции; внедрение высокопроизводительного мало- и безотход ного технологического оборудования и техники.

### Инвестиционный замысел

В ***«Декларации (ходатайстве) о намерениях»*** формулируются цели источники и возможности инвестирования, обсуждаются варианты размещения, сроки строительства и эксплуатации объекта, предос тавляются технико-экономические показатели, доказывается промыш ленная, радиационная и экологическая безопасность проекта. Эколо гически обосновываются выбор способа производства и технологии

район размещения. Определяется масштаб, типы и виды источников воздействия. Для дальнейшего проектирования определяются граничные условия природопользования. Для экологически опасных объектов обязательно проведение государственной экологической экспертизы инвестиционного замысла. ***Экологическое сопровождение*** «Декларации о намерениях» содержит природно-экологическую оценку региона размещения объекта и прогноз воздействия на окружающую среду и население.

***Обоснование инвестиций*** должно быть достаточным для проведения необходимых согласований и экспертиз, для принятия решения о выборе земельного участка, а также для принятия заказчиком решения о целесообразности дальнейшего инвестирования и проектирования. На этой стадии разрабатывается «Оценка воздействия на окружающую среду» (ОВОС), рассматриваются и оцениваются альтернативы. Иногда предварительное согласование земельного участка может быть получено на основе «Декларации о намерениях», без подготовки обоснований инвестиций.

Обоснование инвестиций может быть объектом экологической экспертизы. Для некоторых типов проектов государственная экологическая экспертиза обоснования инвестиций является обязательной, особенно если это предусмотрено отраслевыми нормативными актами. Так, например, для объектов атомной энергетики такой порядок предусмотрен «Правилами принятия решений о размещении и сооружении ядерных установок, радиационных источников и т.д.». При наличии необходимых согласований и заключений экспертиз, а также решения о предварительном согласовании земельного участка обоснование инвестиций утверждается в качестве основы для разработки проекта.

Указанная последовательность проектирования соблюдается далеко не всегда. Известны случаи, когда стадия обоснования инвестиций опускается и проектирование начинается непосредственно с подготовки технико-экономического обоснования строительства (ТЭО). Многие заказчики также не подают «Декларацию о намерениях».

Основные субъекты инвестиционной деятельности — инвесторы, заказчики, подрядчики, пользователи объектов капитальных вложений. Отношения между ними закрепляет договор или контракт, который определяет функции каждого из них применительно к конкретному проекту. Лицом, ответственным за реализацию проекта, в том числе за соблюдение экологического и иного законодательства, является заказчик.

В инвестиционной деятельности важную роль играют органы власти и местного самоуправления. В их функции входят прямое участие в инвестиционном проекте (разработка, утверждение и финансирование инвестиционных проектов, предоставление государственных гарантий размещения средств федерального бюджета, проведение экспертиз, в том числе экологических инвестиционных проектов, разработка и утверждение стандартов, норм и правил и осуществление

контроля за их соблюдением и т.д.) и создание благоприятных усл
вий для развития инвестиционной деятельности (совершенствован
системы налогов и начислений, защиты интересов инвесторов и т.д

На основе утвержденного ***Обоснования инвестиций*** разрабатывае
ся проектная документация — «***Технико-экономическое обоснова
строительства***» **(ТЭО)**. Его задачи — детализация решений, отр
женных в обосновании инвестиций, и уточнение основных техни
экономических показателей намечаемой деятельности. Именно ТЭ
как правило, рассматривается в качестве основного проектного до
мента, где дается экологическое обоснование деятельности. В его с
став входит ***раздел «Охрана окружающей среды»***. На практике мно
заказчики разрабатывают раздел «Оценка воздействия на окружа
щую среду» в составе ТЭО независимо от того, рассматривалось
обоснование инвестиций и включало ли оно в себя этот раздел.

В соответствии с новым ***Положением об «Оценке воздействия
окружающую среду», принятым в 2000 г.***, оценка должна проводить
на всех стадиях подготовки инвестиционного проекта. Рекомендует
постадийная подготовка материалов «Оценки воздействия на окруж
ющую среду». В настоящее время разделы «Оценка воздействия на о
ружающую среду» и «Охрана окружающей среды» разрабатывают
на последних этапах проектирования, когда по существу эти постро
ния не влияют на принимаемые проектные решения, а лишь удовл
воряют формальным требованиям для представления проекта на эк
логическую экспертизу. Объектом государственной экологической э
спертизы должна быть как предпроектная (обоснование инвестици
так и проектная (ТЭО или рабочий проект) документация, особен
в крупных проектах. На практике инициаторы промышленных про
тов иногда представляют обоснование инвестиций на государстве
ную экологическую экспертизу, однако чаще всего на экологическ
экспертизу попадает уже ТЭО, в котором принципиальные решен
и альтернативы редко обосновываются.

После ***положительного заключения экологической экспертизы*** з
казчик утверждает ТЭО для разработки на его основе рабочего про
та. Заказчик также обращается в орган местного самоуправлени
***ходатайством об изъятии предварительно согласованного земель
участка и предоставлении его для строительства объекта.*** Прини
ется решение об изъятии земельного участка и согласовываются усл
вия его предоставления, после чего возможно осуществление наме
емой промышленной деятельности.

В дальнейшем природоохранные органы выдают инициатору д
тельности разрешение на комплексное природопользование с указани
видов хозяйственной деятельности, объемов и лимитов на реализац
природных ресурсов в соответствии с экологическими требованиям

Такие требования могут включать, например, проведение опр
деленных природоохранных или компенсационных мероприятий, д

ительность по рекультивации земель, условия захоронения отходов и т.п. При их выработке учитываются ранее согласованные условия природопользования. Необходимое условие выдачи разрешения — положительное заключение государственной экологической экспертизы. На основе этого разрешения между заказчиком и органом местного самоуправления заключается договор на комплексное природопользование. Наглядно вся процедура экологического обоснования инвестиционных проектов представлена на рис. 11.

## 10.2. Экологическое обоснование выбора способа производства и размещения

Экологическое обоснование промышленных объектов — это оценка проекта с точки зрения его экологической безопасности с учетом всех возможных последствий для человека, ландшафтов и окружающей среды. Оно включает в себя геоэкологическое проектирование. Обязательным условием современного промышленного проектирования является также внедрение ресурсосберегающих, безотходных и малоотходных технологических решений, позволяющих максимально сократить или избежать привноса химических или биологических выбросов в атмосферу, почву, водоемы, предотвратить или снизить воздействие физических факторов до гигиенических нормативов.

Основой геоэкологического проектирования в детериорантных отраслях промышленности является проектирование не только собственно технического объекта, но и конструирование — проектирование суперсложных природно-техногенных систем, состоящих из технических элементов (заводов, горно-металлургических комбинатов), создаваемых в процессе эксплуатации техники — техногенных комплексов (например, технических водоемов-отстойников, хвостохранилищ, шлакоотвалов и т.д.), а также пространственной организации сфер их воздействий или взаимовлияний.

Экологическое обоснование в промышленных проектах условно делится на две части: экологическое обоснование выбора способа производства и технологий и эколого-географическое обоснование размещения (рис. 12).

## 10.3. Экологическое обоснование выбора способа производства и технологии

При экологическом обосновании выбора способа производства и технологии акцент делается на оценке экологичности проекта на основе действующих технологических нормативов использования сырья и ресурсов, отходности, санитарно-гигиенических и других нормати-

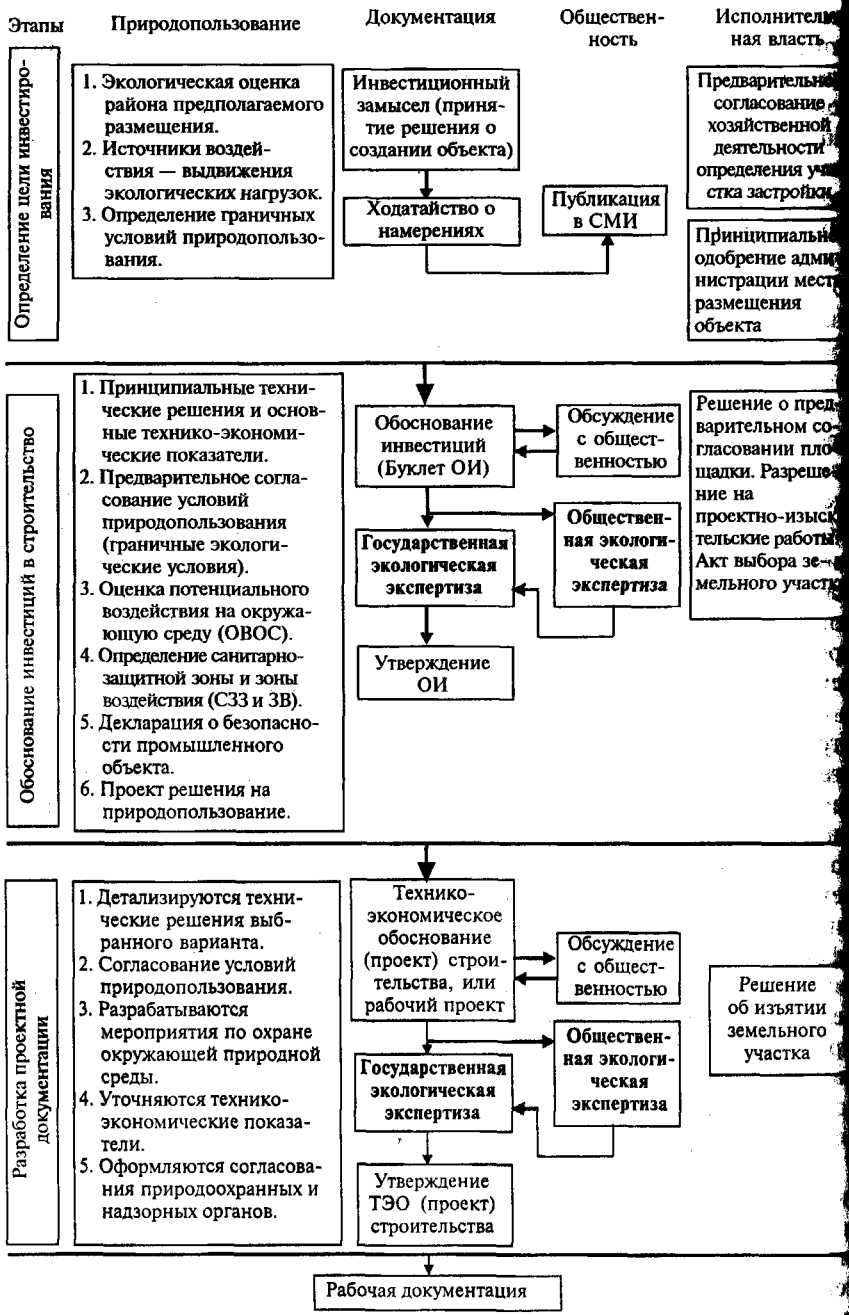



**Рис.11.** Процедура экологического обоснования инвестиционных проектов

вов для природной среды. Проводится разработка мер обеспечения экологической безопасности проектируемой технологии и способа производства, а также дается оценка экологической опасности продукции и отходов (рис. 12).

При сравнении технологических решений по разработке экологически безопасных технологий необходимо оценить технологическую уникальность промышленного объекта по зарубежным аналогам.

При анализе выходов технологии в природную среду особое внимание следует обратить на качественный и количественный состав выбросов в атмосферу, сброс в воду, захоронение промышленных отходов в почве, физические, химические, термические воздействия. Расчет индекса экологической опасности производства и коэффициентов токсичности выбросов, сбросов, отходов позволит сравнить показатели альтернативных проектов и выбрать из них экологически безопасный.

Экологическая опасность технологий оценивается с трех позиций: ***землеемкости***, т.е. размера территории, занятой собственно техникой и зоной ее отрицательного воздействия на ландшафт; ***ресурсоемкости***, т.е. размером изымаемого вещества и энергии; ***отходности***, определяемой материальным потоком техногенных веществ в природу, который оценивается количеством приходящего вещества в единицах объема или веса на единицу площади. Все эти показатели удельные, т.е. рассчитываются на единицу мощности либо на единицу продукции. Степень экологической опасности при контроле за размерами извлеченных из природной среды веществ для технологических линий оценивается превышением абсолютных показателей ресурсопотребления над нормативами.

Последовательность оценки экологической опасности выбранного и альтернативных способов производства и технологии для человека и ландшафта на основе действующих нормативов следующая:

- оценка технологической уникальности объекта по технологическим аналогам в стране и за рубежом;
- оценка экологичности способа производства;
- оценка экологичности технических и технологических решений параметров основных технологических переделов;
- оценка экологической опасности продукции, ее использования и хранения;
- оценка экологической опасности хранения и использования отходов.

Вся оценка производится в соответствии с группой определенных нормативов (см. рис. 12).

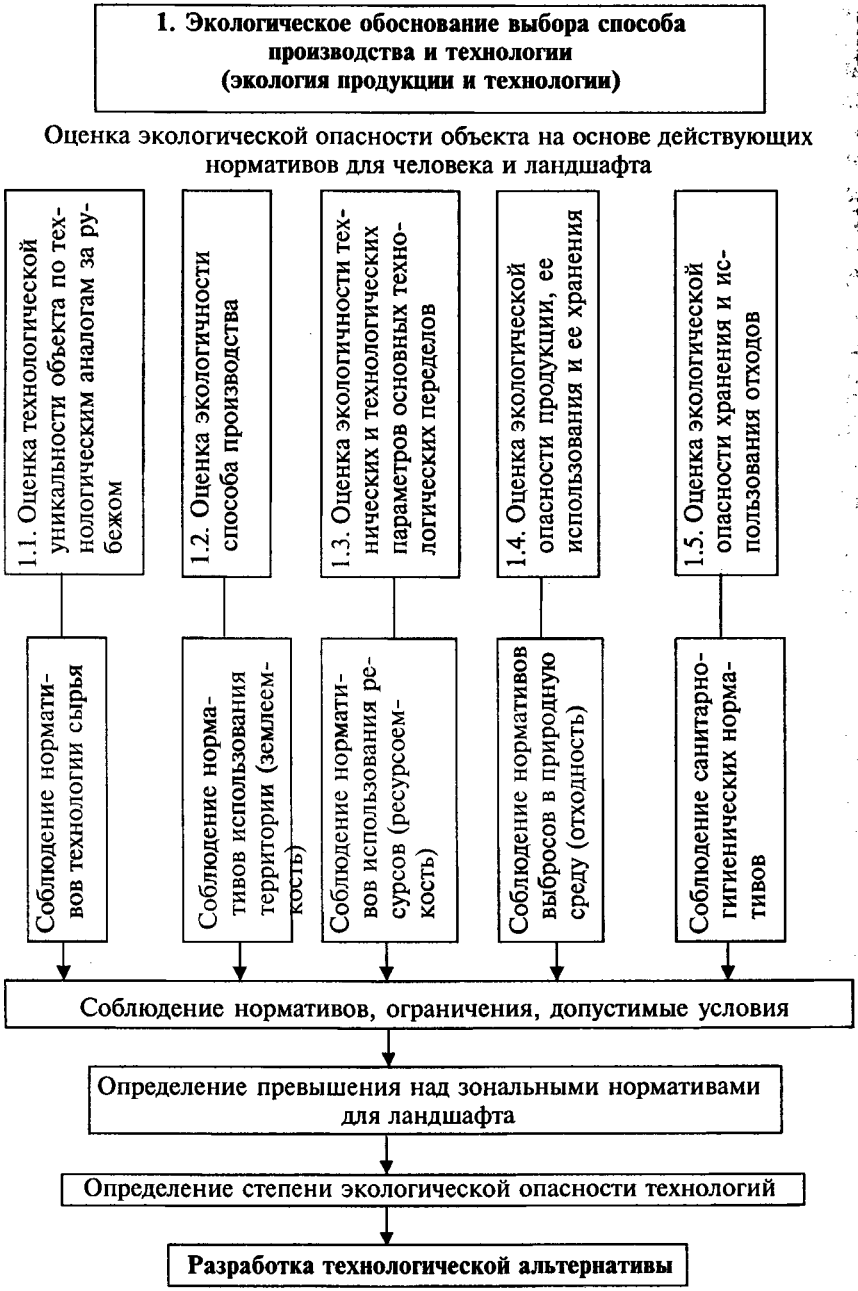
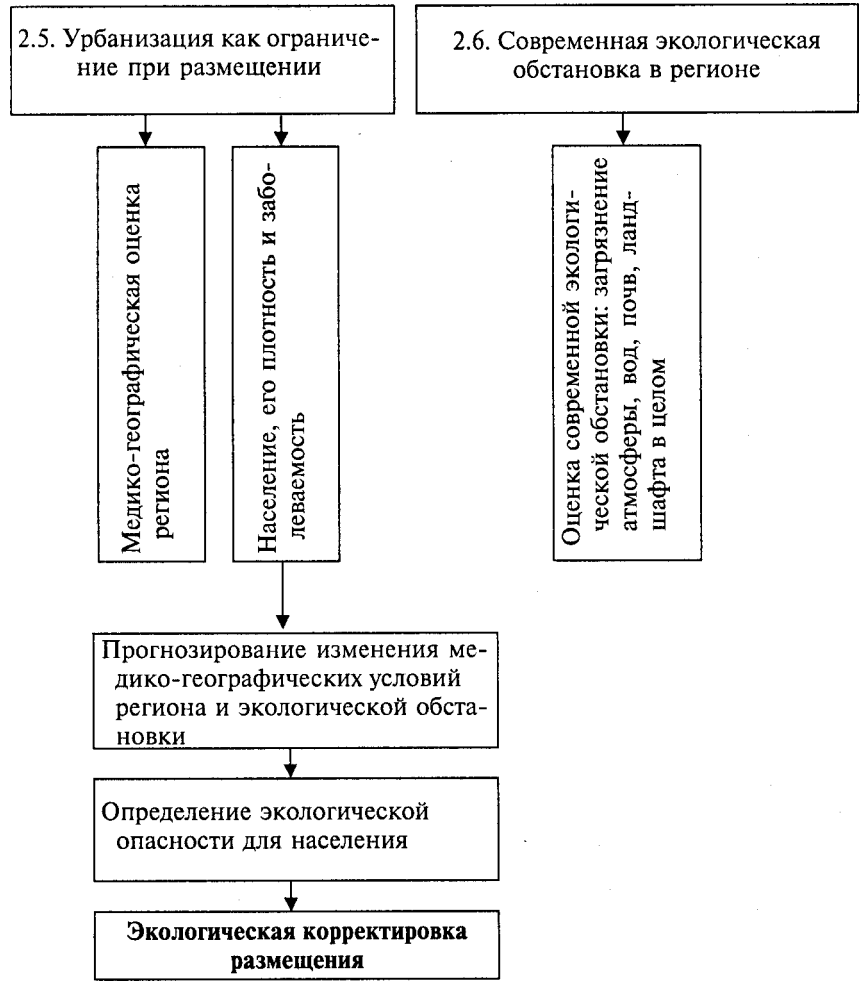



**Рис. 12.** Структура экологического обоснования промышленных проектов

*Продолжение рис. 12*

*Продолжение рис. 12*

*Продолжение рис. 12*



## 10.4. Эколого-географическое обоснование размещения промышленных объектов

Оно включает в себя оценку природных условий региона размещения, ландшафтной структуры территории, экологической обстановки, а также анализ природных потенциалов загрязнения как предпосылку реализации проекта, природно-ресурсного и хозяйственного потенциалов, лимитирующих размещение. Собственно экологическое обоснование размещения основано на анализе современной экологической обстановки и медико-географических условий региона, оценке здоровья населения. При этом обязательны прогнозирование изменения медико-географических условий в регионе при осуществлении проектируемой хозяйственной деятельности и определение степени экологической опасности для населения санитарно-гигиенической обстановки.

**Ландшафтное обоснование проектов,** учет естественных тенденций развития ландшафтов, прогноз обратимости или необратимости их изменений под воздействием позволяют решить вопросы оптимального размещения с учетом ландшафтной структуры территории. При анализе других альтернатив использования ландшафтов должны учитываться их природный потенциал и оцениваться возможность их использования в качестве заповедника, национального парка, курорта, рекреационной территории, зеленой зоны города, а также для других (непромышленных) видов хозяйственной деятельности.

**Природно-экологический потенциал как предпосылка реализации проекта** оценивается потенциалами загрязнения природных сред, атмосферы, вод, почв и ландшафтов в целом.

**Природный потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА)** — совокупность метеорологических и климатических факторов, определяющих условия рассеивания выбросов в атмосфере и ее самоочищение.

При ПЗА учитываются характеристики воздушного переноса (направление, абсолютные значения, интенсивность); факторы, способствующие загрязнению атмосферы (штили, туманы, изотермические инверсии, опасные скорости ветра); факторы, способствующие самоочищению атмосферы (осадки, грады, суммарная радиация, доза ультрафиолетовой радиации, безморозный период и т.д.).

**Потенциал самоочищения почв** — совокупность физических, химических и биохимических процессов, обусловливающих естественное разложение загрязняющих веществ и ведущих к восстановлению естественных свойств почв и их природного потенциала.

Оценивается этот потенциал по относительной скорости разложения и режимом биологического круговорота, зависит от типа кли-

мата, особенностей условий миграции, поглотительной способности почв, наличия геохимических барьеров и т.д.

Воздействие экологически опасных производств детериорантных отраслей промышленности уменьшает ***емкость природно-экологического потенциала*** территории, вызывает истощение и ***дефицит возобновляемых и невозобновляемых природных ресурсов***, а в некоторых случаях резко снижает ресурсный и хозяйственный потенциалы территории. Общим знаменателем, по отношению к которому необходимо оценивать нарушения ресурсного и хозяйственного потенциалов территории, являются ее природно-экологический потенциал, его емкость и соответствие прогнозируемому техногенному воздействию. Он в первую очередь лимитирует размещение высоко экологически опасных производств. Выявление резкого снижения природно-экологического потенциала — основа резких экологических ограничений проектных решений. Недопустимо также размещение высокоотходных производств на территориях с малой емкостью потенциалов, загрязнения природных сред и ландшафтов в целом, так как в этом случае исключается ***планировочно-размещенческая альтернатива.***

Устойчивость природных комплексов к техногенному воздействию определяется неоднозначно. Следует выяснить морфогенетическую и геохимическую устойчивость ландшафта. Устойчивость морфогенетической структуры ландшафта связана с относительной стабильностью в пространстве природных комплексов и характеризуется способностью их к модифицированию.

***Геохимическая устойчивость ландшафта*** связана, прежде всего, с совместимостью техногенного и природного потоков вещества. Наибольшей разрушающей способностью обладают техногенные потоки, существенно отличающиеся своими свойствами от окружающих природных систем (например, при производстве цветных металлов насыщенные тяжелыми металлами с низкими природными кларками). Устойчивость природных комплексов при этом зависит не только от их способности нейтрализовать загрязняющие вещества (буферность системы), но и от возможности выноса продуктов техногенеза.

Учитывают также ***зональную устойчивость ландшафтов*** к техногенному воздействию. Так, при воздействии медно-никелевого производства удельные нарушения ландшафтов в северной тайге на два порядка превышают удельные нарушения южнотаежного ландшафта при тех же типах и уровнях воздействия. Это должно учитываться при планировании и зонировании территории вблизи металлургических производств, а также определять размеры санитарно-защитных зон, которые должны достигать в северной тайге 25—30 км, а в южной — 15—20 км.

Должна учитываться не только потенциальная, но и реальная устойчивость ландшафтов к проектируемому объекту с учетом современной нарушенности ландшафтов другими формами человеческой

деятельности. Рассмотрению подлежат сельско-лесохозяйственные, мелиоративные и другие временные антропогенные модификации природных комплексов, а также по возможности малонарушенные комплексы.

***Географический анализ потенциала загрязнения территории*** (воздуха, вод, почв, ландшафта в целом) позволяет выявить наиболее уязвимые компоненты ландшафта и дополняет данные по устойчивости ландшафтов. Среди природных факторов, ограничивающих реализацию проекта, особое внимание следует уделять активным (стихийным) процессам. Высокоотходные производства нельзя размещать на территории с высоким потенциалом загрязнения атмосферы, вод и почв, т.е. с их малой самоочищающей способностью. При выявлении резких превышений прогнозируемой техногенной нагрузки над природно-экологическим потенциалом региона и высокой вероятностью возникновения экологической опасности для человека, ландшафта, природной среды должны вестись поиски региональной планировочно-размещенческой альтернативы и предусматриваться дополнительные природоохранные и санитарно-гигиенические мероприятия.

***Природно-ресурсный потенциал как основа ограничений.*** Познание природно-ресурсного потенциала территории — основа ограничений иного порядка. Определение степени усложнения эколого-ресурсной ситуации в регионе при реализации проектов и прогнозирование экологически опасного дефицита возобновимых и невозобновимых ресурсов — основание для рассмотрения вариантов ***эколого-ресурсной альтернативы***. Несомненно преимущество ресурсного подхода в возможности экономической оценки ущерба от загрязнения. Однако в ряде случаев, например при уникальности ресурса, подобная оценка сложна. В силу этого в ходе географического анализа оцениваются значимость ресурса, его дефицитность, возможность использования в других направлениях, конфликтность в ресурсопользовании.

***Хозяйственный потенциал, лимитирующий размещение.*** Полноценное экологическое обоснование проектов невозможно без учета хозяйственной и градостроительной освоенности территории. Важно оценить не только изменение территориальной структуры хозяйства, структуры землепользования в результате реализации проекта, но и предвидеть возникновение проблемных экологических и ресурсных ситуаций различной степени сложности.

При этом нужно решить следующие задачи: оценить расселенческую освоенность в регионе размещения; оценить сельскохозяйственное использование территории; проанализировать рекреационное использование территории; выявить остроту и сложность природно-хозяйственных конфликтов экологического значения и, наконец, оценить экологические последствия хозяйственного использования ландшафтов: экологическое состояние лесов, поверхностных вод, сельскохозяйственных угодий, городов и т.д.

**Рис. 13.** Последовательность оценки хозяйственной освоенности территории

## Промышленная освоенность территории как ограничение ее промышленного роста

Существующий уровень промышленной освоенности и техногенный фон в регионе резко ограничивают размещение новых промышленных объектов. При осуществлении проекта анализируют уровень промышленной освоенности в регионе размещения; определяют значения модуля техногенного воздействия на природную среду в регионе; характеризуют техногенный фон в регионе размещения с точки зрения ограничений перехода на более высокий уровень промышленного освоения. Значимость этих показателей возрастает в индустриальных районах по сравнению с районами пионерного освоения. Насыщенность региона промышленностью с напряженными санитарно-гигиеническими и экологическими показателями окружающей среды — основание для ужесточения экологических требований к промышленному проекту, а в некоторых случаях определяет невозможность его реализации.

Промышленная освоенность может быть охарактеризована с помощью показателя валовой продукции промышленности в расчете на едини-

цу площади. Модуль техногенного давления рассчитывается при соотнесении выбросов, сбросов, отходов с площадью (т.е. рассчитывается на единицу площади). Экологическая опасность территориальных сочетаний отраслей промышленности рассчитывается с учетом показателей детериорантности и экологической опасности каждой отрасли промышленности.

Определение соответствия современной и прогнозируемой структуры хозяйства экологическому потенциалу территории даст возможность оценить реальность возникновения кризисных экологических ситуаций разной степени сложности на территориях различного типа освоения и уровня освоенности. Высокая степень промышленной освоенности территории, ее сильная урбанизированность — лимитирующие факторы при размещении экологически опасных производств черных и цветных металлов. В том случае, когда суммарное прогнозируемое воздействие будет интенсивно снижать экологический или ресурсный потенциал территории, нужно предусматривать дополнительные природоохранные мероприятия.

Таким образом, экологическое обоснование при размещении производств детериорантных отраслей промышленности заключается в определении и оценке современного и прогнозируемого (при условии реализации проекта) экологического, ресурсного и хозяйственного потенциалов территории. При прогнозировании критической экологической ситуации появляется основание для корректировки размещения и доработки проекта.

## Эколого-географическая корректировка схем размещения детериорантных отраслей промышленности

Эколого-географическое обоснование схем развития и размещения детериорантных отраслей промышленности необходимо для их экологической корректировки и выявления территорий для перспективного размещения или развития уже существующих объектов с указанием регионов с запретом или ограничением для нового промышленного освоения.

Подобная работа базируется прежде всего на покомпонентной оценке потенциалов загрязнения природной среды, оценке устойчивости природно-территориальных комплексов различного иерархического уровня. Как уже отмечалось, географический анализ потенциала загрязнения атмосферы, гидросферы, литосферы, биосферы, ландшафтной сферы дает основание для ограничения того или иного промышленного использования ландшафтов (территории). Цель подобных оценочных работ — районирование определенной территории по проблемным ситуациям экологического значения на основании анализа природных потенциалов загрязнения, современной и прогнозируемой антропогенной, в том числе техногенной нагрузки; современ-

ного и прогнозируемого использования природных ресурсов и хозяйственной освоенности территории.

Важная часть географического обоснования схем — прогнозирование и картографирование экологически сложных региональных ситуаций с целью выявления территорий с разной степенью потенциальной экологической опасности при новом промышленном освоении. Особенно важна фиксация районов с кризисными природными и природно-хозяйственными ситуациями, с дефицитом тех или иных ресурсов. Опыт подобного районирования существует. Необходимо избегать размещения промышленности на высокоурбанизированных территориях с интенсивной промышленной, сельскохозяйственной освоенностью и рекреационным использованием, особенно при дефиците воды и плохих условиях рассеивания.

## 10.5. Требования к экологическому обоснованию в схемах развития отраслей промышленности

Промышленные проекты на стадии прединвестиций должны содержать информацию, достаточную для определения экологического риска намечаемой деятельности и оценки рациональности природопользования при ее различных вариантах. ***Намечаемая деятельность*** взаимоувязывается с ранее принятыми к реализации программами и проектами долгосрочных интересов региона, функциональной значимости преобладающих ландшафтов со сложившимися национальными традициями. Она должна соответствовать принципам устойчивого, экологически безопасного развития территории, не создавать угрозы для здоровья населения; способствовать рациональному использованию природных ресурсов, сохранению природных богатств, уникальности природных экосистем региона и его демографических особенностей, историко-культурного наследия.

***Экологическое обоснование в прединвестиционных материалах*** должно содержать оценку развития намечаемой деятельности в районе возможного размещения с учетом:

- нормативов качества природной среды;
- существующей системы ограничений на природопользование;
- прогнозируемого состояния окружающей среды при планируемых сбросах, выбросах и отходах производства и других видах воздействия.

***Прогноз экологической опасности*** намечаемой деятельности должен базироваться на:

- анализе природно-ресурсного потенциала территорий, существующего использования природных, трудовых и других ре-

сурсов, состояния природной среды, историко-культурного наследия;
- прогнозных изменениях экологической ситуации при реализации намечаемой деятельности и оценке последствий этих изменений для социально-экономического развития территории;
- потребности в важнейших ресурсах.

В схемах развития различных отраслей промышленности должны быть обоснованы: район размещения вновь создаваемых наиболее крупных хозяйственных объектов, которые будут определять экологическую ситуацию в регионе, и комплекс природоохранных мероприятий, обеспечивающих снижение возможного воздействия планируемой деятельности до уровней, установленных нормативными документами.

**При разработке экологического обоснования в отраслевых схемах и программах** следует руководствоваться следующими принципами:

- сочетания федеральных, республиканских, местных и индивидуальных интересов при выработке направлений развития отрасли и государственной концепции сохранения природной среды;
- комплексного системного подхода к проблеме развития отрасли и территории;
- вариантности разработки предложений по мощности планируемых производств, регионов их размещения и намечаемым природоохранным мероприятиям;
- обязательности экологической оценки возможности и последствий размещения промышленных объектов;
- альтернативности в удовлетворении потребностей общества в продукции планируемой деятельности;
- ресурсосбережения и минимизации ущерба природной среде и населению;
- достаточности природоохранных мероприятий, в том числе по техническому перевооружению и применению новейших технологий;
- возмещения прогнозируемого ущерба природной среде и населению.

**Обосновывающие материалы** по выбору места размещения объекта должны разрабатываться на вариантной основе и базироваться на детальном анализе исходной информации об источниках воздействия, о природных особенностях территории, ее историко-культурном наследии, а также состояния экосистем в зоне воздействия объекта по каждой площадке размещения.

**Источниками исходной информации** при обосновании площадки размещения объекта могут быть материалы специально уполномоченных государственных органов в области охраны окружающей природной среды и их территориальных подразделений, опубликованные и фондовые материалы научных организаций и ведомств, данные ста-

тистической отчетности и экологического мониторинга, инженерные изыскания и экологические данные по объектам-аналогам, расчеты и модели прогноза. В качестве исходной информации следует также использовать кадастровые карты природных ресурсов, карты и карты-схемы компонентов природной среды (почвенные, геоботанические, животного мира и др.), карты защищенности грунтовых вод и другие и банки данных по отходам производства и потребления.

**В состав обосновывающих материалов** по месту размещения объекта входят:

- данные о месте размещения объекта; расположении земельного участка, отводимого в постоянное и временное пользование;
- характеристика природных условий территорий в районе размещения объекта, оценка ее природно-хозяйственной ценности;
- краткие сведения о современном и перспективном использовании территории (в соответствии со схемами и программами развития), в том числе пользовании природными ресурсами при реализации намечаемой деятельности;
- ограничения по природопользованию;
- информация о природных и исторических особенностях территории в зоне возможного воздействия объекта, состоянии компонентов природной среды;
- характеристика намечаемой деятельности;
- информация по источникам воздействия — планировочные и другие строительные нарушения, сбросы, выбросы, отходы производства (с указанием токсичности привносимых в окружающую среду загрязняющих веществ), физические и иные воздействия;
- сведения о планируемой деятельности по использованию ресурсного потенциала страны (региона, области); потребность предприятий в ресурсах (энергетических, природных, трудовых и т.д.); снабжение отрасли ресурсами, сырьем, комплектующими изделиями, энергией, топливом;
- информация об изученности территории, намечаемой к освоению; ее природных условиях (региональных особенностях), уникальности, о наличии особо охраняемых природных объектах, зон особого режима (чрезвычайных экологических ситуациях, экологических бедствиях и т.д.); сведения о культурно-исторических памятниках;
- анализ функционального значения территории (региона, акватории), намечаемой к освоению; оценка природно-хозяйственной ценности природно-территориальных комплексов; сведения о хозяйственной деятельности населения в районах, подлежащих освоению;
- оценка экологического потенциала территории (экологического состояния) с позиции размещения новых производств и

наращивания действующих мощностей (при отсутствии схем расселения, природопользования и организации размещения производительных сил);

- данные о воздействии на окружающую среду планируемых производств, количестве и токсичности отходов в местах их складирования и возможности их утилизации;
- прогноз изменений в окружающей среде при реализации намечаемой деятельности;
- оценка санитарно-эпидемиологического состояния в районах, подлежащих освоению, прогноз его состояния при реализации планируемых решений;
- оценка экологического риска намечаемой деятельности;
- рекомендации по организации локального экологического мониторинга на территориях, намечаемых к освоению, сведения о финансировании этих работ.

## 10.6. Требования к экологическому обоснованию в предпроектах и проектах строительства промышленных объектов*

**Экологическое обоснование планируемой хозяйственной и иной деятельности** в предпроектной и проектной документации осуществляется с целью оценки воздействия планируемой деятельности на окружающую природную среду; мероприятий для предотвращения негативных влияний конкретных объектов хозяйственной деятельности на экосистемы; снижения его уровня до регламентированного нормативными документами по охране окружающей природной среды, а также сохранения природных богатств и создания благоприятных условий для жизни людей.

***Экологические требования*** надлежит учитывать: при выборе площадки размещения промышленных объектов; при разработке технических, технологических и иных проектных решений по снижению прогнозируемого воздействия объектов на окружающую среду и мероприятий по охране природной среды.

**Предварительная оценка воздействия на окружающую среду при выборе площадки размещения** объекта включает:

- оценку изученности территории и достаточности исходной информации о природных и исторических особенностях территории, состояния компонентов природной среды;

---

* Приводятся требования, содержащиеся в «Инструкции по обоснованию хозяйственной и иной деятельности» (М., 1995).

- оценку возможности природопользования, исходя из экологического потенциала территории (в соответствии с потребностью объекта) и состояния экосистем;
- оценку масштаба и уровня воздействия при обычных режимах эксплуатации объекта и в аварийных ситуациях;
- прогнозную оценку изменений в природной среде — состояния компонентов природной среды, активности природных процессов, а также последствий этих изменений для человека.

Приоритетным при выборе площадки размещения промышленного объекта должен быть вариант, где прогнозируемый экологический риск намечаемой деятельности будет минимальным. Размещение экологически опасных объектов на территориях, загрязненных химическими веществами, вредными микроорганизмами и другими биологическими веществами свыше предельных концентраций, радиоактивными веществами свыше предельно допустимых уровней, не допускается до полной реабилитации указанных территорий. При выборе площадки размещения объекта предоставляют рекомендации по разработке экологического обоснования уже в проектной документации. Также предложения по изучению природных особенностей территории на дальнейших этапах проектирования (при недостатке исходной информации) и предложения по организации локального экологического мониторинга.

**Обосновывающие материалы** при разработке технических, технологических проектных решений разрабатываются по одной из согласованной с органами власти площадке размещения (при необходимости могут разрабатываться и по другим возможным вариантам размещения).

***Материалы по экологическому обоснованию*** проектных решений должны быть достаточными для оценки прогнозируемого воздействия планируемой деятельности на окружающую среду; рациональности использования природных ресурсов; прогрессивности технологических решений при строительстве и эксплуатации объекта; уровня экологической опасности применяемой и производимой продукции, а также отходов производства, возможности их размещения; оптимальности выбранных мероприятий по охране природы и сохранению историко-культурного наследия, их эффективности и достаточности; ущерба природной среде и населению.

***Материалы, обосновывающие проектные решения,*** должны содержать исчерпывающую информацию о воздействии объекта на окружающую среду при строительстве и эксплуатации объекта в нормальном режиме работы (максимальной загрузке оборудования) и при возможных залповых и аварийных выбросах (сбросах), а также аргументацию выбора природоохранных мероприятий. В материалах должны присутствовать:

- характеристика ландшафтов в зоне воздействия объекта, оценка состояния компонентов природной среды, устойчивости эко-

систем к воздействию и способности к восстановлению; ин
формация об объектах историко-культурного наследия;

- оценка изменений ландшафтов в результате перепланировк
территории и производства строительных работ, эксплуатаци
промышленного объекта;
- оценка технологических и технических решений по рациональ
ному использованию природных ресурсов, снижению воздей
ствия объекта на окружающую среду (очистных сооружений
установок по обезвреживанию отходов производства и потреб
ления и т.д.);
- перечень отходов, сведения об их количестве, экологическо
опасности, размещения (складирования) и использования;
- прогноз изменений природной среды (покомпонентно) пр
строительстве и эксплуатации объекта, на разных стадиях жиз
ненного цикла;
- обоснование природоохранных мероприятий по восстановле
нию и оздоровлению природной среды, сохранению ее биоло
гического разнообразия;
- комплексная оценка экологического риска планируемой дея
тельности — последствий возможного воздействия (с учето
планируемых природоохранных мероприятий);
- обоснование капитальных вложений в мероприятия по охран
окружающей среды (дифференцированно по видам);
- размер платы за природопользование;
- программа организации локального мониторинга и план с
финансирования;
- выбор оптимального проектного решения по использованию
природных ресурсов и охране окружающей среды и миними
зации воздействия на ландшафты.

**При строительстве объекта по очередям,** а также в случае выделе
ния пускового комплекса оценка воздействия на окружающую сред
объекта и разработка природоохранных мероприятий выполняются
целом по предприятию с выделением первоочередных мер для пуско
вого комплекса. Для каждой последующей очереди строительства при
родоохранные мероприятия могут быть уточнены и дополнены по дан
ным мониторинга при разработке рабочей документации.

**При реконструкции предприятий** дополнительно в составе материалов
представляют сведения о произошедших изменениях в природной сред
за период эксплуатации объекта. Следует определить также причины и
характер этих изменений, предусмотреть мероприятия по ликвидации
последствий деятельности объекта, возмещению нанесенного ущерба.

**При снятии объекта с эксплуатации** (ликвидации, перепрофили
ровании) дополнительно включают:

- обоснование необходимости ликвидации (перепрофилирова
ния) объекта;

- оценку деградации природной среды в результате деятельности объекта;
- оценку последствий влияния ухудшения экологической ситуации в районе размещения объекта на здоровье населения;
- обоснование комплекса мероприятий по восстановлению природной среды и созданию благоприятных условий для жизни населения.

## 10.7. Типы и сферы воздействия черной металлургии на природную среду

***Экологические особенности технологий черной металлургии.*** Черная металлургия характеризуется высокими землеемкостью, водоемкостью, энергоемкостью и является одной из наиболее загрязняющих природную среду отраслей промышленности. Основной техногенный поток в природную среду по массе — это шлаки и шламы, а также выбросы в атмосферу и сбросы в водоемы. Ежегодно на металлургических заводах образуются десятки миллионов тонн шлаков и шламов. Площади шлакоотвалов сопоставимы с площадью, занимаемой металлургическими переделами. Современный крупный металлургический завод полного цикла занимает территорию 20–30 км$^2$, включая основные и вспомогательные производства, подъездные пути, шлакоотвалы, золошламонакопители и другие сооружения. Одним из реальных путей снижения землеемкости отрасли является сокращение площадей, отводимых под шлакоотвалы.

**Металлургический завод полного цикла** мощностью 1 млн т стали в год, включающий основные производства — *доменное*, *мартеновское* (конверторное или электросталеплавильное), *коксохимическое*, *агломерационное*, *прокатное* и *ТЭЦ*, ежесуточно поставляет в природную среду 200–300 т золы и 500 т шлаков в золошлакоотвалы и 280 т шламов в шламонакопители, сбрасывает в реки и водоемы 3000 м$^3$ теплых очищенных вод; выбрасывает в атмосферу 50 т пыли, 10 т окислов азота и от 10 до 100 т сернистого ангидрида. По сравнению с выбросами в атмосферу, поток техногенных веществ в воду на так называемый «рельеф» более значительный (рис. 14). Тем не менее именно загрязнение атмосферы представляет собой ведущую экологическую проблему отрасли.

***Черная металлургия — водоемкая отрасль.*** Имея высокий уровень оборотного использования воды, заводы черной металлургии являются мощными источниками сточных вод. В настоящее время удельный объем сточных вод составляет 11,3 м$^3$ на 1 т стали. На 1 млн т стали в год мощности металлургический завод ежесуточно сбрасывает в водоемы в среднем 18 000 м$^3$ сточных вод. Даже после очистных сооруже-

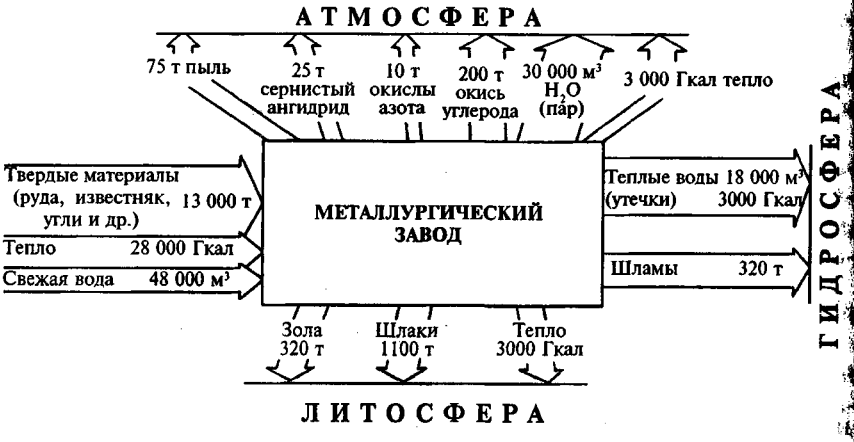



**Рис. 14.** Функциональная схема завода черной металлургии полного цикла мощностью 1 млн т стали в год (среднесуточные показатели) и каналы связи с природной средойт (по В. Н. Калуцкову, 1992)

ний *сточные воды* характеризуются значительным превышением санитарных показателей.

Рассмотрим прежде всего экологически значимые характеристики стоков. В водоемы поступают теплые воды с превышением естественной температуры в зимнее время в местах сброса на 15–20° (до 25°). Летом «ножницы» температур обычно меньше. Как следствие, создаются экологические условия, аналогичные прудам-охладителям теплоэлектростанций, где перестройка водных систем достигает уровня природной зоны. Стоки характеризуются высоким содержанием взвешенных веществ, в среднем на порядок превышающим фоновые параметры. В местах сброса сточных вод значения pH достигают 8–9, причем стоки ряда производств представляют собой ***сильнотоксичные щелочи (pH 12–13)***. Экологически неблагоприятны высокие концентрации эфирорастворимых веществ (превышение ПДК достигает двух порядков), фенолов и роданидов. Интересно отметить, что содержание подвижного (двухвалентного) железа в сточных водах находится почти в пределах нормы, что, вероятно, связано с неблагоприятными условиями миграции железа.

Наиболее опасны для природы *залповые сбросы сточных вод*, которые связаны с недоучетом ливневых осадков, способных вызвать переполнение очистных сооружений, шламонакопителей. Другой источник залповых сбросов — промливневая канализация, сточные воды которой на ряде заводов непосредственно поступают в гидросеть.

***Центры черной металлургии*** выделяются ***высоким уровнем загрязнения воздушного бассейна.*** Крупный металлургический завод ежесуточно выбрасывает сотни тонн пыли, сернистого ангидрида, окислов

азота, окиси углерода (см. рис. 14). К менее массовым, но более токсичным относятся выбросы хлора, фтора, мышьяка, фенолов, различных канцерогенных веществ, однако концентрации этих веществ превышают предельно допустимые, как правило, только на промплощадке. Выбросы марганца, меди, никеля, цинка, хрома, свинца сравнительно невелики. Несмотря на это, уровень загрязнения тяжелыми металлами на заводах, производящих легированные стали, возрастает, приближаясь к цветной металлургии.

***Выбросы в атмосферу*** подразделяются на ***организованные*** и ***неорганизованные.*** Организованные выбросы в атмосферу осуществляются через трубы и аспирационные установки. Неорганизованные выбросы — выбросы, не попавшие в систему пыле-газоулавливания и выделяющиеся вспомогательными технологическими переделами (участками измельчения, транспортировки, складирования материалов и технологическими проемами агрегатов).

***Организованные выбросы*** относятся к горячим (t° — 150–200°С) и поступают в атмосферу из труб от 100 до 250 м. Пылевые выбросы доминируют над газообразными соединениями серы и азота в соотношении 3:1. Дисперсный состав пыли определяется производством. Пыль коксохимического, доменного и прокатного производств крупнодисперсная и осаждается вблизи от источника воздействия. Мартеновское и электросталеплавильное производства поставляют в атмосферу мелкодисперсные выбросы, распространяющиеся на десятки километров, доли мелко- и крупнодисперсных частиц в выбросах агломерационных и конверторных производств равны, поэтому их воздействие осуществляется как вблизи производства, так и на удалении от него.

***Неорганизованные выбросы*** полидисперсны и политемпературны. Они поступают в атмосферу с небольшой высоты, слабо рассеиваются. Неорганизованные выбросы «ответственны» за загрязнение атмосферы вблизи металлургических переделов. Крупный металлургический комбинат полного цикла мощностью 6–7 млн т стали в год, с двумястами высокими и низкими трубами имеет десятки источников неорганизованных выбросов в атмосферу. Эти выбросы в силу их 50–100-кратного разбавления воздухом не могут быть подвергнуты очистке. Сократить неорганизованные выбросы можно только путем совершенствования технологий.

Химический состав пыли и газов в черной металлургии следующий: пыль на 50–70% состоит из железа и его соединений, на 1–20% из соединений кальция и магния, содержит алюминий, калий, титан в виде окислов, сульфидов, карбонатов, фосфатов и силикатов. Микроэлементов в выбросах немного. Так, пыль агломерационного, мартеновского и доменного цехов лишь на 0,3–0,9% состоит из окислов марганца, а выбросы мартеновского цеха содержат до 0,6% $Cr_2O_3$ и до 2% ZnO, доля остальных микроэлементов значительно ниже.

Таким образом, тип воздействия черной металлургии на природную среду определяется структурой выбросов: газообразных, пылевых, способствующих подщелачиванию почв и природных вод. При преобладании пылевых выбросов выделяют *щелочной* тип и *кислый*, при ведущей роли газообразных выбросов — *нейтральный*. Для щелочного типа воздействий характерны высокие значения pH почв и вод, повышенное содержание в них железа и кальция. К кислому типу воздействия относятся заводы, перерабатывающие сырье с высоким содержанием серы. В целом черной металлургии присущ щелочной тип воздействия с преобладанием макроэлементов в техногенных потоках.

**Сфера воздействия** металлургических производств ограничивается территориями с интенсивным поступлением техногенных выбросов в природную среду. Интегральный показатель интенсивности воздействия — поступление выбросов в единицу времени на единицу площади, чаще всего он рассчитывается т/км² в год. При выявлении сферы воздействия используют биотестирование, биологическую индикацию, приемы ландшафтной индикации загрязнения природной среды.

Ограничение сферы воздействия производят по одному или нескольким элементам ландшафта, например, снежному покрову, почвам, торфу, мхам и лишайникам, эпифитной растительности и т.д. Биологические индикаторы воздействия работают даже при низкой его интенсивности, основные требования к ним — способность отражать (фиксировать) воздействие и сохранять в «памяти» с минимальной трансформацией во времени, т.е. аккумулировать в себе техногенную информацию. Ландшафтная индикация загрязнения природной среды по сравнению с биотестированием и компонентной индикацией более сложный вид исследований, так как требует не только выявления компонентов индикаторов воздействия, но и поисков показателей нарушенности связи в ландшафтах. Суть ее состоит в том, что по состоянию ландшафта и его морфоструктуры устанавливают уровень загрязнения, при этом возможны и обратные построения.

**Структура сферы техногенного воздействия** (количество, выраженность, геометрия зон) зависит от совместимости техногенных и природных потоков веществ, от величины и токсичности техногенных потоков, продолжительности воздействия и устойчивости ландшафтов к данному типу техногенеза. В пределах сферы выделяют зоны — ареалы действия определенного канала воздействия подвижного компонента и ареалы преобразованного компонента или элемента ландшафта. Для сферы воздействия металлургических центров с преобладанием воздушного канала связи характерны полные и не полные. К первым относят сферы, состоящие из трех зон: геоматического, биотического и геохимического воздействия. В неполных сферах чаще всего представлены одна или две последние зоны (рис. 15).

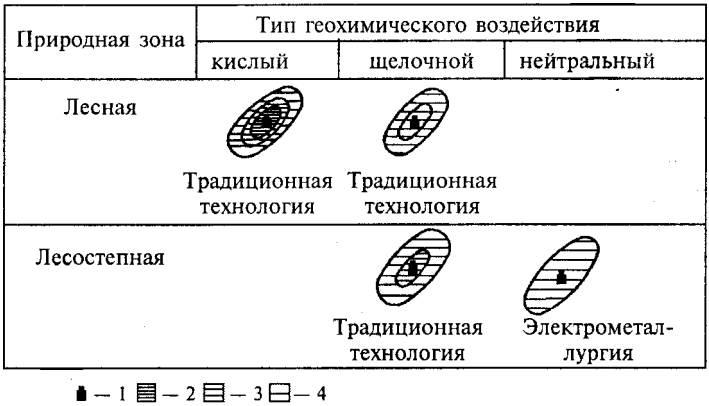



**Рис. 15.** Типы структур сфер воздействия традиционных металлургических производств и электрометаллургии:

1 — источник выбросов; 2 — зона геоматического воздействия; 3 — зона биотического воздействия; 4 — зона геохимического воздействия

**Зона геохимического воздействия** металлургических производств может составлять несколько тысяч квадратных километров; интенсивные поступления выбросов вызывают превышение фоновых концентраций в компонентах и элементах ландшафтов (воздухе, воде, снеге, почве, торфе и т.д.).

**Зона биотического воздействия** выделяется при фиксировании изменений в биотических элементах ландшафтов, вызванных геохимическим воздействием, это прежде всего уменьшение видового разнообразия в ярусах растительности, почвенной фауне и т.д. Так как нарушение или выпадение элементов биоты связано с накоплением ингредиентов выбросов в почвах, то проводят диагностирование состояния почв, в первую очередь изменение их химического состава. Внутри зоны по нарушенности элементов биоты возможны выделения подзон, например подзоны поражения эпифитной растительности, мхов и лишайников, подзоны угнетения древостоев и т.д.

**Зона геоматического воздействия** (интенсивного поступления выбросов в течение длительного времени и вследствие этого структурной перестройки ландшафтов). Геохимические воздействия и нарушения биоты ландшафтов вызывают изменение их литогенной основы (геомы), т.е. практически происходит их трансформация и формирование «техногеом», в которых полностью отсутствуют биотические компоненты.

***Поступление выбросов в сферу воздействия проследим на примере Череповецкого металлургического комбината.*** *Сфера воздействия Череповецкого комбината* представляет собой эллипс, вытянутый с юго-запада на северо-восток, максимальное осаждение пыли — 30 мг/м$^3$ в год, превосходящее фоновое значение в 3—4 порядка, наблюдалось непосредственно на территории завода, здесь осаждается 25—30% выбросов

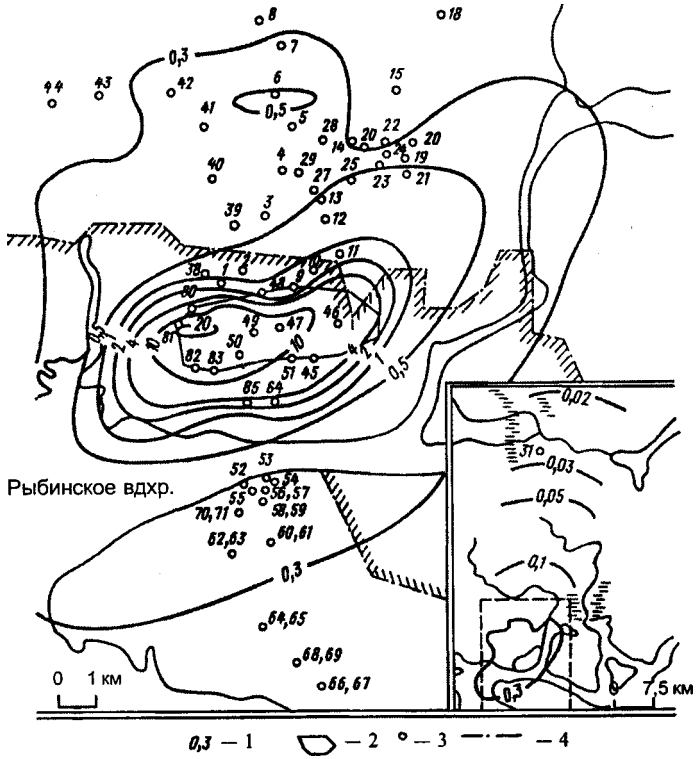



**Рис. 16.** Выпадение промышленной пыли в сфере воздействия Череповецкого металлургического завода:

1 — изолинии выпадения пыли (г/м² в сутки); 2 — металлургический завод; 3 — площадки отбора снеговых проб; 4 — граница города

пыли, 50% осаждается в радиусе 7 км. К северо-западу от завода поступление пыли уменьшается в 2 раза через 0,5 км, а к северо-востоку через 1 км, достигая на расстоянии 50–55 км фоновых значений (рис. 16).

*Временной анализ сферы воздействия таков*: после начала эксплуатации завода (мощность 1–1,5 млн т чугуна в год) средний радиус воздействия в течение пяти лет не превышал 10 км. Увеличение производства до 3 млн т в год расширило сферу воздействия до 20–25 км, дальнейшее наращивание мощностей до 5,5 млн т в год увеличило радиус воздействия до 40–45 км.

В сфере воздействия площадью 8000 км² выделяются:

- *внешняя зона — зона геохимических нарушений*, площадью около 7000 км² в радиусе от 15 до 50 км, где поступление пыли 35–110 т/км² в год вызывает повышение содержания выбросов в почвах и растениях, наблюдаются периодически высокие концентрации в воздухе пыли, окислов азота и серы, бенз(а)пирена;

- *средняя зона — зона локальных повреждений* площадью 6000 км², радиус 5–15 км, поступление пыли 35–110 т/км² в год вызывает повышение содержания выбросов в почвах и растениях, концентрации в воздухе пыли, окислов азота и серы, бенз(а)пирена;
- *внутренняя зона*, непосредственно примыкающая к производству, *зона трансформации ландшафтов*, в которой многолетний высокий уровень загрязнение привел к техногенной трансформации почв, значение pH повысилось на две-три единицы. Высокий уровень загрязнения воздуха, воды, почв, накопление токсичных веществ в растениях представляют опасность для биоты ландшафтов и человека.

Размеры *санитарно-защитных зон* (от 1000 до 5000 м) не сопоставимы с размерами сферы воздействия металлургического центра, поэтому за пределами санитарно-защитной зоны предлагается создавать зону *санитарного разрыва*, которая должна достигать 20–25 км.

Новая технология получения стали методом прямого восстановления железа является более экологичной, так как она лишена таких крупных загрязнителей, как коксохимическое и доменное производство, экологичность этой технологии рассматривается в следующем разделе.

***Электрометаллургия*** по сравнению с традиционными металлургическими технологиями менее экологически опасное производство. Электрометаллургический комбинат представляет собой экологически чистое производство, так как его технологическая схема исключает крупные источники загрязнения — агломерационное, доменное, токсохимическое производства. Применение непылящего гидротранспорта, перевод энергетического хозяйства на газ также заметно снижают выбросы в атмосферу.

***Сравнение электрометаллургии с традиционной технологией*** в черной металлургии в пользу электрометаллургии, так как происходит:

- снижение удельных выбросов пыли в 2–4 раза, сернистого газа в 18–60 раз, окиси углерода в 3,5–4,5 раза;
- снижение токсичности воздушных выбросов в 300 раз за счет отсутствия в технологической схеме коксохимического производства, выбрасывающего в атмосферу фенол, бензол, цианистые соединения;
- исключение неорганизованных выбросов в атмосферу.

В силу этого размеры санитарно-защитной зоны электрометаллургического производства малы (радиус 2 км).

Реальную ***экологичность технологии электрометаллургии*** оценим по результатам В. Н. Калуцкова, изучавшего в 1992 г. воздействие Оскольского электрометаллургического комбината на ландшафты лесостепи*.

---

* *Дончева А. В., Казаков Л. К., Калуцков В. Н.* Ландшафтная индикация загрязнения природной сферы. М., 1992.

Наиболее характерные элементы-загрязнители электрометаллургического производства — железо, кальций, кремний и магний. В пределах санитарно-защитной зоны растения и почвы накапливают ингредиенты выбросов комбината. Уровень загрязнения растений тяжелыми металлами пока относительно невысок, максимальные концентрации цинка, меди и никеля в среднем в два раза выше фона.

В зеленых мхах содержание 11 элементов превышает фоновые значения, в хвое сосны фон превышен для семи элементов, в напочвенных лишайниках — для пяти. Повреждение лесной растительности происходит также и за пределами санитарно-защитной зоны, повышается кислотность атмосферных выпадений.

Невысокий объем выбросов, в десятки раз меньший, чем на обычном металлургическом заводе, предопределил и невысокий в целом уровень загрязнения. Выпадение пыли в радиусе 3 км всего в два-три раза превышает фоновое значение, в снеговых водах в два-три раза повышено содержание железа, в три-четыре раза — кальция. Для металлургических производств традиционной технологии характерно повышение pH. Такая же картина наблюдается при фоновых нейтральных значениях pH в радиусе 6 км, реакция снеговых вод становится слабощелочной. Средний радиус воздействия не превышает 6–10 км.

## 10.8. Типы и сферы воздействия цветной металлургии на природную среду

***Цветная металлургия*** России производит ежегодно до 5 млн т сплавов цветных и редких металлов. Несмотря на резкий спад валового производства в 1991–1994 гг., объемы валового выброса в атмосферу в 1995 г. составили 3 млн 588 тыс. т, в том числе сернистого ангидрида — 2 млн т, токсичных отходов — 15 млн 400 тыс. т (вещества 1-го класса опасности — 6 млн 500 тыс. т). Из применяемых в отрасли технологий только 10% соответствуют мировому уровню. Устаревшее и требующее модернизации оборудование, низкий технический уровень производства, «грязные» технологии, отсутствие средств на совершенствование систем улавливания и утилизации отходов — все это делает невозможным нормализацию экологической обстановки и способствует формированию в металлургических центрах катастрофической экологической ситуации. Сферы воздействия на природную среду крупных центров цветной металлургии достигают огромных площадей.

Цветной металлургии как отрасли промышленности присущи высокая ***отходность*** производства и особенно высокая ***токсичность выбросов в атмосферу и сбросов в воду***, которые представляют большую экологическую опасность для человека и для ландшафта в целом. Воздействие цветной металлургии на ландшафты осуществляется сложными сочетаниями технологических переделов — горно-металлурги-

ческими комбинатами, включающими в себя добычу, обогащение руд и выплавку цветных металлов производствами неполного цикла.

Заводы и комбинаты по выплавке цветных металлов поставляют в атмосферу и воду многие металлы и газы (рис. 17). Например, помимо тяжелых, редких и легких металлов заводы медной, никелевой и других подотраслей цветной металлургии выбрасывают в атмосферу сернистый газ; алюминиевые производства — фтористый водород; редкометаллические и магниевые — хлор и хлористый водород.

При добыче и обогащении руд цветных металлов из земной коры извлекаются на поверхность доступные для миграции многие редкие химические соединения. Так, при производстве никеля используется лишь около половины компонентов медно-никелевых руд, при переработке медно-колчеданных руд поступает на земную поверхность и рассеивается в ландшафтах более 15% меди, около 50% цинка, 45% серы, 15% благородных металлов и т.д.

***Экологическая опасность воздействия производств цветных металлов*** на ландшафт усиливается, если руды цветных металлов перерабатываются в месте их добычи, так как в этом случае происходит поступление техногенных выбросов в ландшафты, сформировавшиеся в ореолах рассеивания рудных месторождений, в которых воды, почвы и растения, и без того обогащенные тяжелыми и редкими металлами, быстро достигают критических пределов для нормальной жизнедеятельности человека и биоты ландшафта.

Высокая комплексность производства, сочетание производств цветных металлов с химическими и нефтехимическими формируют крайне неблагоприятную экологическую обстановку и представляют угрозу для человека и ландшафта, поэтому при экологической оценке технологий в цветной металлургии прежде всего должна быть указана допустимая экологичность способа производства и технологического цикла, который необходимо укрощать, если воздействие при эксплуатации каждого передела технологии уже превышает экологический потенциал определенного региона или ландшафта. При отсутствии технологических методов очистки можно добиться ***снижения экологической опасности*** территориальным разобщением технологических звеньев производств.

Содержание экологических оценок в значительной степени зависит от природных особенностей территории и типа технологий. Учет особенностей технологии должен вестись с позиций требований, предъявляемых производствами к природной среде, и с учетом требований природной среды и человека к технологиям. ***Степень экологичности связей*** между техникой и природой оценивается ***материальным потоком*** техногенных веществ и их миграцией и перераспределением в природной среде.

***Экологичность*** технологий оценивается с позиций определенного природного региона в границах геотехнических систем или в рамках сфер воздействия и тяготения к промышленным узлам. Потенциальной экологической опасностью обладают мощные и сверхмощные

горно-металлургические комбинаты с высокой комплексностью пр
изводства, не имеющие, как правило, технологических аналогов. Сл
дует обратить также внимание на размещение металлургических пр
изводств с уникальными технологиями.

Степень экологической опасности при контроле за размерами и
влеченных из природы веществ для технологических целей (минерал
ных, органических, воды, воздуха и т.д.) может быть оценена превы
шением абсолютных показателей ***ресурсопотребления*** над нормати
ными. Для экологического контроля за расходованием ресурсо
необходимо установление экологически безопасных пропорций дл
различных видов ресурсов на ландшафтной, зональной и региональ
ной основах. Особенно строго должен контролироваться материаль
ный поток техногенного вещества в природу на ***основе зональных нор
выброса различных производств*** и их сочетаний, причем «работать» эт
нормы должны на фоне уже существующего загрязнения региона.

Таким образом, анализ технических и технологических парамет
ров должен исходить из нормативных и реальных потребностей про
изводства. Соблюдение существующих нормативов и ограничений (ПД
в воде, воздухе, почве, предельно допустимые выбросы и др.) позво
ляет значительно снизить отрицательный эффект техногенного воз
действия путем принятия альтернативных технологических решений.

При экологической оценке технологий крупного производств
цветных металлов в рамках проектируемых или уже действующих до
бывающих, обогатительных и выплавляющих природно-техногенны
систем балансовым методом оцениваются экологические связи рас
пространения и перераспределения потоков техногенных веществ, чт
позволяет оконтурить сферу воздействия производств цветных метал
лов на природу. Характеристика «выхода» технологической цепи не
обходима для количественной и качественной оценок потока в при
роду. Важно рассмотреть все внешние каналы связи металлургическо
го комбината с природной средой (см. рис. 14, 17).

***Процессы механической, термической и химической обработки сы
рья*** в цветной металлургии сопровождаются выбросами газов, а такж
пыли тяжелых металлов. На всех этапах технологической цепи необхо
дим ***экологический контроль за объемом и формой выбросов***. В качестве
примера можно привести структуру воздействия технологии производств
цветных металлов на природную среду (см. рис. 17). Причем в окружаю
щую среду поступают не только элементы основного производства, но
и многие сопутствующие. Оценка опасности поступления техногенных
веществ выявляется при сопоставлении абсолютных значений выбросов
с санитарно-гигиеническими и другими нормативами, в том числе с
предельно допустимыми выбросами для определенного зонального типа
ландшафтов. Должны также прорабатываться различные варианты улав
ливания, складирования и использования отходов производства в каче
стве будущего сырья основного и вспомогательных производств. Необ
ходимо вести поиски технологических решений извлечения металлов и

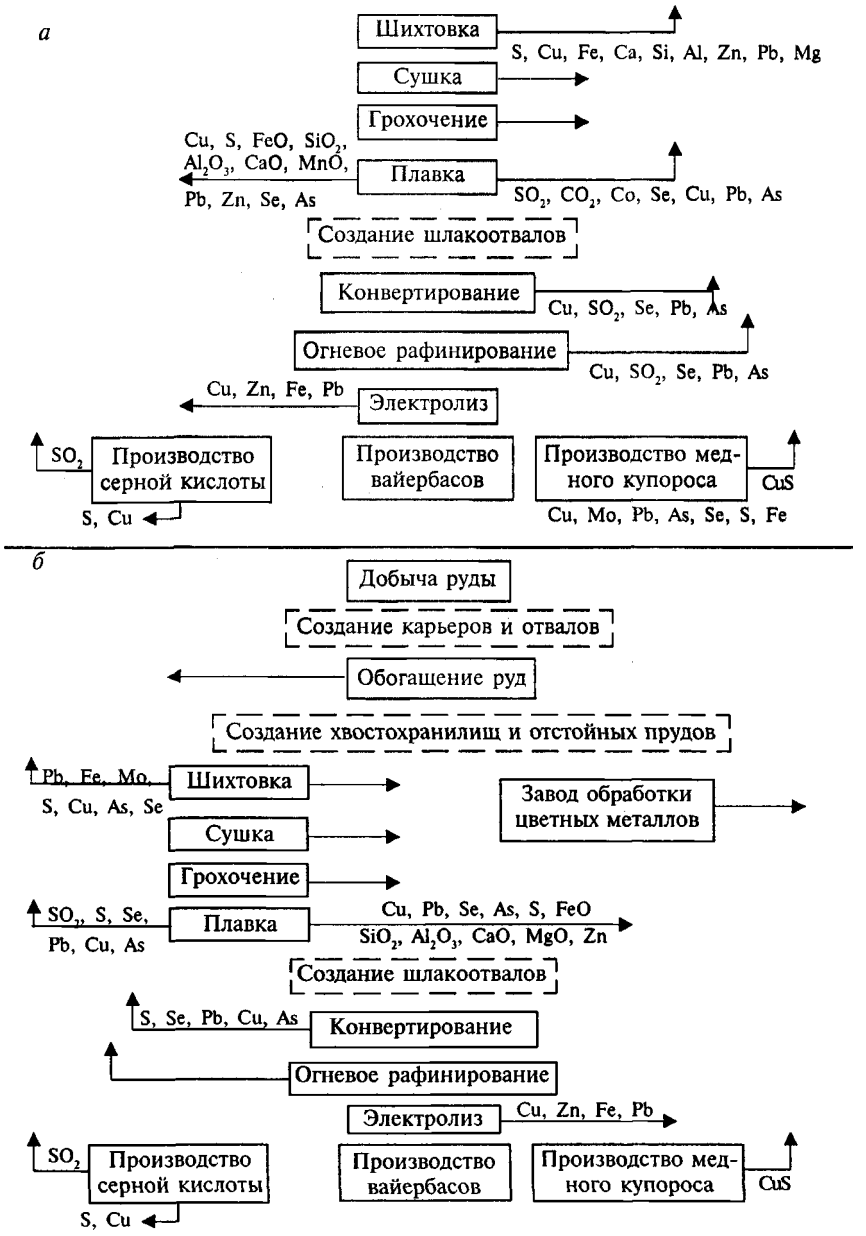



**Рис. 17.** Общая схема и потоки техногенных веществ в природную среду при производстве цветных металлов:

*а* — медно-химическое производство; *б* — медно-молибденовое производство; ↑ — выбросы газов в атмосферу; ← — промышленные стоки; ▭ — технологический передел; [ ] — создание техногенных комплексов.

редких земель из отвалов многокомпонентного состава. Целесообраз
инвентаризация отвалов, определение возможности их дальнейше
использования и экологической опасности складирования, особенно
непосредственной близости от жилья.

***Установление геохимического ареала рассеивания*** техногенных в
ществ — это выявление сферы воздействия действующих технолог
и оценка потенциальной возможности миграции и аккумуляции те
ногенных выбросов в ландшафте. Интенсивность воздействия оцен
вается уровнем поступления выбросов в сферу влияния производст
(т/км$^2$) и соотнесения этих показателей с фоновыми значениями д
зонального типа ландшафта. Важны также характеристика условий ми
рации техногенных веществ, выявление их подвижности, наличие ге
химического барьера, возможности смены геохимической обстановки
результате поступления кислых или щелочных выбросов и т.д.

Устанавливается уровень накопления ингредиентов выбросов эл
ментами и компонентами ландшафта, определяется превышения к
содержаний в воздухе, воде, снеге, почве, растениях над фоновым
значениями (региональный фон и т.д.). ***Экологический контроль*** за эти
показателями заключается в сравнении их с критическими значениям
для человека, животных, растений и для зонального типа ландшафта
целом, при резком (в десятки раз) превышении необходимо планир
вать дополнительную очистку выбросов и специальные мероприятия.

Контролируется содержание ***ингредиентов сбросов*** не только в сто
ных водах, но и в фильтрационных из хвостохранилищ и в так назы
ваемых «условно чистых водах» дождевых и промливневых с террито
рий. Основные значения ингредиентов сбросов не должны превыша
***гидрохимический фон*** для ландшафтов, сформированных на рудны
месторождениях, а в некоторых случаях предельно допустимых значе
ний для питьевых и рыбохозяйственных водоемов. *Каждый элемен*
сброса в воду должен оцениваться абсолютным значением, кратнос
тью разбавления и превышением над фоновыми содержаниями и ПДК
Здесь же должна даваться общая оценка ***экологической опасности за
грязнения водоемов*** для гидробионтов в сфере воздействия.

Экологический контроль за общим выбросом комплекса цветно
металлургии должен осуществляться на основе ***предельных норм зо
нального типа ландшафта,*** которые устанавливаются по критическо
му поступлению в ландшафт тяжелых металлов и газов. Использова
ние методов ландшафтной и биологической индикации способствуе
фиксированию нарушений в биотических и абиотических элемента
ландшафта, выявлению их техногенных трансформаций и модифика
ций при том или ином поступлении тяжелых металлов.

**Критическим** считается такое поступление, которое не вызыва-
ет накопление техногенных веществах в концентрациях, ток-
сичных для растений, животных, человека, и не вызывает струк-
турных техногенных трансформаций ландшафта.

По отношению к критическому и должно оцениваться общее поступление выбросов в природу. Пространственно-временные ряды техногенных модификаций ландшафтов и длительность их существования устанавливают на основе изученных промышленных объектов-аналогов.

Накопление токсичных техногенных веществ в *техногенно модифицированных* и трансформированных элементах и компонентах ландшафта приводит к ломке и перестройке структуры ландшафта и его деградации на больших пространствах. Таким образом, производство цветных металлов представляет большую экологическую опасность для ландшафта и человека.

При изучении техногенных модификаций ландшафтов в сферах воздействия производств цветных металлов в северной и южной тайге, полупустынной и пустынных зонах и горных субтропиках Армении удалось установить ***функционально-динамические ряды нарушений ландшафтов***, которые могут быть использованы при прогнозировании воздействия идентичного производства в заданных природных условиях.

**Общая схема нарушения ландшафтов под влиянием техногенных выбросов экологически опасных производств цветных металлов** следующая: ограничение видового разнообразия в элементах ландшафта → выпадение элемента → ломка структуры компонента ландшафта по пути его упрощения → выпадение компонента ландшафта → ломка вертикальной и горизонтальной структур ландшафта, упрощение его морфоструктуры за счет выпадения и образования техногенно трансформированных морфологических частей → нарушение массоэнергообмена в ближайшем окружении ландшафта (нарушение водного режима, усиление массопереноса — эрозия) → уменьшение запаса жизни → снижение либо полная потеря биогеогоризонтов и т.д., переход на менее устойчивый уровень (в зональном и азональном планах). Нарушения структуры ландшафта происходят под влиянием механических, термических и химических воздействий.

Об устойчивости морфологической структуры ландшафтов можно судить по возможности существования их переменных состояний, численности ряда техногенных модификаций, длительности существования тех или иных модификаций, глубине ломок структуры ландшафта. При воздействии производств цветных металлов трансформации ландшафтов настолько сильны, что их дальнейшее развитие идет по азональному типу со смещением в сторону более просто организованной биоты.

## Использование методов и принципов ландшафтной индикации загрязнения природной среды на примере комбината «Североникель»

В 1970—1990 гг. при изучении воздействия комбината «Североникель» на северотаежные и тундровые ландшафты Приимандровой рав-

нины и Мончетундры были разработаны принципы ландшафтно
индикации загрязнения природной среды и определены экологичес
кие нормативы для ландшафтов в виде критического поступлени
выбросов в ландшафт.

***Экологический мониторинг*** в 1973–1976 гг. состоял из полустацио
нарных наблюдений за режимом выбросов тяжелых металлов и серни
тых соединений, за условиями распространения и перераспределени
загрязняющих веществ и поступлением их в природный комплекс.

***Ландшафтный мониторинг*** включал в себя изучение изменений гео
метрии зон воздействия по индикаторам, прежде всего по снежном
покрову, а также динамики техногенных модификаций ландшафтов
их геохимических характеристик. Биологический мониторинг состоя
из наблюдений за состоянием фитоценозов, динамикой численности
биомассы насекомых, почвенных беспозвоночных и микроорганизмо

Для многолетних наблюдений за динамикой природных комплексо
использовался участок ландшафтной съемки площадью 80 км² и состав
лена ландшафтно-экологическая карта. Спустя 10–15 лет (в 1983–1990 гг
наблюдения были повторены; определено содержание выбросов ко
бината в снежном покрове, ограничен геохимический ареал воздейс
вия, измерено содержание тяжелых металлов и pH в почвах и растения
В 1986–1987 гг. проведена еще раз ландшафтная съемка территории; вы
явлена динамика техногенных модификаций ландшафтов за 13-летни
период и тенденции их дальнейшей техногенной трансформации.

Рассчитаны ряды интенсивности накопления ингредиентов выбро
сов по отношению к природному фону, установленному в 1973 г. (ККф
Проведен дисперсионный анализ влияния загрязнения снега и загря
нения почв на состояние модифицированных ПТК в сфере воздействи
Дисперсионным анализом установлено влияние типа элементарно
ландшафта (положение его в геохимическом сопряжении) на его устой
чивость. Рассчитана энтропия растительного покрова и природного ко
плекса в целом, построены информационные модели техногенных мо
дификаций ландшафтов, на основании которых сделаны выводы о ст
пени устойчивости северотаежных ландшафтов к воздействию комбина

При оценке устойчивости растительности к выбросам комбина
использован такой показатель разнообразия, как энтропийная мер
Наиболее информативным оказался коэффициент отношения энтр
пии современного нарушенного фитоценоза к энтропии условно
нарушенного фитоценоза, который существовал до воздействия ко
бината. Анализ энтропийной меры в техногенных модификациях по
зволил сделать интересные выводы (рис. 18).

*Чем больше поступает техногенной информации в ландшафт, те
меньше значение энтропийной меры, т.е. природное разнообразие соста
ляющих ландшафт компонентов и элементов. Чем интенсивнее развит
процессы вещественно-энергетического обмена в ландшафтах, тем вы
их энтропия.*

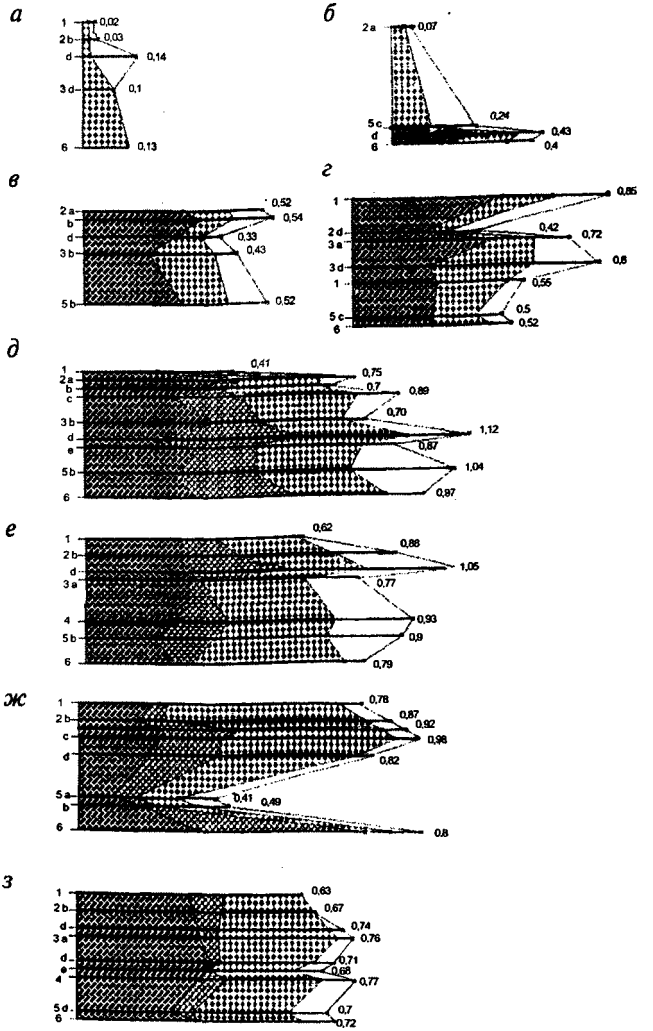



**Рис. 18.** Показатель энтропийной меры нарушенных фитоценозов северотаежных ландшафтов в зонах структурной перестройки комплексов и выпадения элементов и компонентов ландшафтов в сфере воздействия комбината «Североникель»:

расстояние от комбината Североникель: *а* — 2 км; *б* — 3 км; *в* — 8 км; *г* — 10 км; *д* — 13 км; *е* — 21 км; *ж* — 23 км; *з* — 26 км; 1 — вершины; 2 — склоны: a — юг; b — запад, юго-запад; c — восток, северо-восток; d — север; 3 — подножие склонов: a — юг; b — запад, юго-запад; c — восток, северо-восток; d — север; 4 — изолированные понижения на склонах; 5 — болота: a — верховые; b — низинные; c — переходные; 6 — речные долины.

Ярусы растительности: ▨ — древесные; ▨ — кустарниковый; ▦ — травяно-кустарничковые; ▭ — мохово-лишайниковые

Минимальная энтропия прослеживается в автономных (элювиаль
ных) природно-территориальных комплексах. Поступление веществ
в них происходит только аэротехногенным способом, поэтому любо
нарушение сложившейся цепочки вещественно-энергетического об
мена приводит к структурным, чаще всего необратимым изменениям

Первым признаком перестройки системы является перестройка е
биологической составляющей. Именно в автономных ландшафтах наи
более выражена зависимость природного разнообразия составляющи
компонентов и элементов от количества поступающей техногенно
информации.

Подчиненные ландшафты (понижения, днища, долины, запади
ны) характеризуются менее выраженной связью между показателем
разнообразия (энтропией) и поступлением техногенного вещества. Пр
максимальных концентрациях загрязнителей в почве растительност
сохраняет способность к биопродуцированию.

По мере удаления от источника загрязнения нет ярко выражен
ной тенденции в распределении показателя энтропии. Резкое увели
чение разнообразия растительного покрова выявлено на удалении 18–
20 км от комбината в пойме заболоченного ручья.

Анализ распределения энтропии подтвердил большую способност
подчиненных комплексов (и прежде всего пойменного и болотно-за
падинного типа) к перестройке и большую их устойчивость. Така
структурная перестройка выражается в смене каналов вещественно
энергетического обмена. К каналам вещественно-энергетического об
мена можно отнести, например, цепочки поступления вещества
ландшафт и выноса вещества из него. Пути поступления (выноса
вещества в подчиненных ландшафтах разные — воздушный, поверх
ностный, миграции через почву и т.д., а привнос техногенного веще
ства идет только воздушным путем.

Чем более удалены природно-территориальные комплексы от ком
бината, тем менее контрастно распределение энтропии в ландшафта
подчиненного и автономного типов. Происходит своеобразное «вы
равнивание» природного разнообразия и в сопряженных природно
территориальных системах.

Рассмотрим техногенную трансформацию ландшафтов в северной
и южной тайге, пустынной зоне и горных субтропиках под воздей
ствием медно-никелевого, медно-молибденового и медно-химичес
кого производств.

***Низкогорный северотаежный ландшафт цокольных равнин Кольс
кого полуострова*** под влиянием комбината «Североникель» (интен
сивного поступления тяжелых металлов и подкисления в течени
35 лет) претерпевает сложные техногенные модификации и транс
формации (модификации перечислены от ненарушенного к сильно
нарушенному состоянию). Ограничивается видовое разнообразие в мо
хово-лишайниковом и кустарничковом ярусах в сосновых, еловых и

березовых мохово-лишайниковых и травяно-кустарничковых лесах, затем выпадает мохово-лишайниковый ярус и повреждаются древостои. В следующей модификации нарушаются подзолистые иллювиально-железистые почвы, уничтожается растительность, происходит смыв почвенных горизонтов. И наконец, ландшафт трансформируется в техногенный комплекс, причем претерпевает перестройку даже его литогенная основа за счет смыва рыхлого материала и формирования токсичной коры выветривания. Происходит ломка структуры ландшафта, так как техногенные модификации существуют длительное время. Ряд модификаций малочислен, что свидетельствует об относительной неустойчивости ландшафта к данному типу техногенеза.

В пределах ***зоны структурной перестройки ландшафтов,*** ограничивающейся меридиональным радиусом 15–20 км и широтным радиусом 4–5 км, на площади 240 км² доминируют средненарушенные природные комплексы. В техногенных модификациях с менее измененной геохимической средой ежегодное поступление Ni — 0,5–1,2 т/км², Cu — 1 т/км², Co — 0,006–0,24 т/км²; повышается содержание металлов в почвах, водах на порядок по сравнению с их содержанием в коренных урочищах. В сильно нарушенных растительных сообществах сохраняется угнетенный и сухостойный древесный и травяно-кустарничковый ярус. Заметно обеднена почвенная мезофауна.

***Более длительное воздействие*** (от 40 до 50 лет) способствовало увеличению вдвое площади зоны структурной перестройки комплексов (от 17,4 до 34 км²) и меридиональных радиусов воздействия. Зарегистрировано значительное увеличение размера зоны выпадения элементов и компонентов ландшафтов; меридиональный радиус увеличился от 15–20 до 25–30 км; широтный радиус от 4–5 км на севере постепенно расширяется до 8–10 км на юге.

Анализ динамики ареала воздействия, установленного по содержанию тяжелых металлов в снежном покрове, показал, что резко повысился уровень содержания таких ингредиентов выбросов, как никель, медь, кобальт; высокие значения присущи кадмию, свинцу, цинку.

Сфера воздействия комбината «Североникель», зарегистрированная по загрязнению снежного покрова из космоса, составляет приблизительно 900 км². Выявленные закономерности нарушения северотаежных ландшафтов можно использовать при оценке воздействия аналогичных технологий в таежной зоне.

***Другой пример. В среднегорных, низкогорных и горно-долинных ландшафтах сухих субтропиков*** Армении под воздействием Алавердского меднохимического комбината (200 лет воздействия, интенсивная выплавка в течение 40 лет) первичные широколиственные формации в нижних ярусах рельефа заменяются вторичными редколесьями из кизила, плодовых деревьев, кустарников, в которых увеличивается доля ксерофитных видов.

Эта техногенная модификация трансформируется в злаковые кур тины, и наконец, в ландшафте начинают преобладать урочища сильн эродированных горных склонов и долин, лишенных почвенно-расти тельного покрова с горизонтами отмершего органического веществ В экстремальных горных условиях при сильном расчленении поверхно сти и значительных перепадах высот воздушный разнос ограничен, чт создает предпосылки для сильных нарушений долинных и склоновы ландшафтов. Структурная перестройка ландшафтов настолько глубок что восстановление ландшафта до зонального нереально. Техногенны модификации быстро сменяют друг друга по времени, наиболее длитель но существование последних стадий трансформированной природы. *Ланд шафт крайне неустойчив к воздействию производств цветных металлов*

Интересны исследования воздействия на пустынные ландшафт Северного Прибалхашья медно-молибденового Балхашского комби ната (время интенсивного воздействия 40 лет). Здесь происходит накопление тяжелых металлов в пустынных почвах в условиях слабо щелочной реакции среды и сульфатно-кальциевого и хлоридно-суль фатно-натриевого засоления. Наиболее сильной трансформации под вержены ландшафты замкнутых котловин. Модифицирование ланд шафта идет по пути его опустынивания и соленакопления, образования техногенных барьеров.

В разных зонах влияния Балхашского горно-металлургического комбината в радиусе до 4,5—5 км суммарный показатель загрязните лей > 500; интенсивного влияния от 5 до 10 км, а в СВ направлении до 20 км суммарный показатель > 100, а также в зоне слабого влияния от 20 до 45 км суммарный показатель > 2. В верхних горизонтах серо бурых пустынных почв и почв солончаков интенсивно накапливаются медь, свинец, серебро, хром и т.д. Формирование техногенных ано малий в верхних горизонтах почв и резкое снижение их содержания на порядок с глубиной объясняются значительным воздушным по ступлением выбросов и их концентрацией на испарительном и биоге охимическом барьерах и подтверждают слабую подвижность катионо генных элементов в щелочной среде серо-бурых пустынных почв. Ме нее интенсивно в верхних горизонтах почв накапливаются молибден и мышьяк, обладающие сильной подвижностью в щелочной среде.

Воздействие Балхашского медно-молибденового комбината на пус тынные ландшафты индицируется прежде всего повышением содержа ния меди во всех трех формах миграции. Чтобы очертить сферу воздей ствия, достаточно определить содержание меди в двух верхних горизон тах серо-бурых почв мощностью $A_0$ (0—2), A (2—10) и в верхних горизонтах солончаков мощностью до 10—20 см. Для оценки экологической опас ности загрязнения почв для растений и животных необходимо изучать формы миграции тяжелых металлов в различных формах.

Выявлены следующие закономерности: в серо-бурых пустынных почвах полуторные окислы составляют от 5 до 30% суммарного вало-

вого содержания тяжелых металлов (меди — от 10 до 30%, свинца — от 5 до 20%, цинка — от 10 до 20%); на два порядка ниже содержание водорастворимых форм металлов в почвах; так, водорастворимая медь составляет от 0,15 до 0,3% от валового содержания. Отмечается общая тенденция увеличения содержания водорастворимых форм металлов от автономных к подчиненным ландшафтам. С нарастанием засоления серо-бурых пустынных почв увеличивается содержание подвижных форм тяжелых металлов, максимальное количество их наблюдается в серо-бурых солончаковых почвах и солончаках.

В целом для пустынных ландшафтов характерны интенсивная механическая денудация и эоловый перенос микроэлементов, слабая водная миграция и слабое перераспределение в системе автономный — подчиненный ландшафты. Тем не менее ландшафты низких террас и пониженных равнин в гораздо большей степени подвержены потенциальной опасности загрязнения вследствие доминирования солончаков и солонцов, обладающих большими поверхностями испарительных и биогеохимических барьеров, а также из-за вновь сформированных здесь техногенных барьеров, за счет резкого подкисления среды (изменение pH от 8–9 до 3–4).

*Таким образом, при воздействии производств цветных металлов происходят сильные трансформации ландшафтов во всех природных зонах.* Зональная устойчивость ландшафтов к воздействию производств цветных металлов определяется сравнением площадей разно нарушенных территорий при условии одинаковой интенсивности и продолжительности воздействия.

*Рассмотренные примеры иллюстрируют зональную устойчивость ландшафтов к техногенному воздействию, которую учитывают в числе других факторов при оценке воздействия технологических аналогов на природную среду в различных природных зонах.*

## 10.9. Типы воздействия добывающих производств черной и цветной металлургии на природную среду

Экологическая политика РФ в области добычи полезных ископаемых состоит в выборе месторождений среди альтернативных проектов, освоение которых сопровождается меньшим экологическим ущербом, в принятии наиболее экологичных технологий. Горнодобывающие производства (открытая и подземная добыча), горнообогатительные комбинаты и металлургические заводы специфически воздействуют на природную среду.

**Интенсивность воздействия** на природную среду горных работ определяется способом разработки — *открытым* или *подземным. Вскрышные горные разработки* характеризуются высокой землеемкостью. Так,

на 1000 т годовой добычи железной руды отводится 0,35–0,7 га терри тории, в то время как при подземном способе только 0,08–0,15 г *Открытые горные разработки* характеризуются не только относитель но большей, но и абсолютной землеемкостью. Некоторые обогати тельные комбинаты цветной металлургии занимают до 30–35 км² тер ритории. Приведенные цифры учитывают только площади, заняты карьерами, отвалами, коммуникациями, сооружениями, не включа зоны отрицательного воздействия на природную среду.

Снижение природно-хозяйственного потенциала территорий прилегающих к карьерам, происходит опосредованно — через воз душный и водный каналы связи. Наиболее сильное загрязнение ат мосферы происходит при горно-взрывных работах и в результате раз вевания отвалов. В газо-пылевом облаке, образующемся после взрыва концентрация пыли, например, достигает значений сотен миллиграм мов на кубический метр, поэтому при неблагоприятных метеорологи ческих условиях предельно допустимые концентрации могут превы шаться на расстоянии 10–15 км от карьера. Выпадение мелкодисперс ной пыли способствует утяжелению механического состава почвы что благоприятно для развития эрозионных процессов.

**Нарушение водного режима окружающих территорий** связано с изме нением гидрогеологических условий, образованием депрессионной во ронки вокруг карьера. Так, по Криворожскому бассейну ежегодно отка чивается 22,3–28 млн м³ воды. На Курской магнитной аномалии радиус депрессионных воронок составляет десятки километров. Иссушение тер ритории вызывает снижение продуктивности естественных и культурны фитоценозов вплоть до усыхания растительности, урожайность сельско хозяйственных культур вблизи карьеров на КМА снижается на 20–40%

Разработка месторождений полезных ископаемых *подземным спо собом*, как правило, нарушает меньше территории. Наиболее распро страненные нарушения — проседание земной поверхности, образова ние провалов и мульд и, как следствие, нарушение гидрогеологичес ких и гидрологических условий. Экологический эффект терриконов во многим эквивалентен воздействию отвалов на природную среду.

## Виды воздействия на окружающую среду при разработке полезных ископаемых и характер изменений в составляющих ее компонентах*

Виды воздействия на окружающую среду определяются:

- способами отработки и обогащения полезного ископаемого;
- особенностями транспортировки полезного ископаемого и вскрышных пород;

---

* *Степанов А. Н.* Геоэкологическое обоснование проектирования и геоэколо гическая экспертиза. М., 1996.

- горными и геотехническими характеристиками вмещающих пород месторождения;
- видом полезного ископаемого;
- технологией рекультивации выработанного пространства и т.д.

Воздействие оказывается:

- **изъятием из геологической среды** полезных ископаемых; земельных ресурсов; растительности (вырубка лесов и уничтожение кустарниковой и другой растительности); поверхностных и подземных вод;
- **внесением в геологическую среду загрязняющих веществ** в твердой фазе (вскрышные породы, пустая порода, хвосты обогащения, пыление отвалов и терриконов, пыль от взрывов в карьерах); в жидкой фазе (рудничные и шахтные воды, сточные воды, пульпа, шламы, хвосты); в газообразном виде (вентиляционные выбросы шахтных и рудничных газов, газообразные вещества от взрывов в карьерах);
- **изменением геофизических и физических полей** — гравитационного, электрического, магнитного, температурного; электромагнитного излучения; радиационного сейсмического фона; шумом; ударной волной.

Ниже приводится перечень возможных изменений в основных составляющих компонентах геологической среды.

- **В горных породах:**
  - изменение физико-механических свойств горных пород и их химического состава;
  - увеличение трещиноватости;
  - нарушение структурных связей;
  - изменение напряженого состояния в массиве;
  - изменение температурного режима;
  - изменение естественного электрического, гравитационного и магнитного полей массивов пород;
  - изменение влажностного режима горных пород (осушение и обводнение) и их фильтрационных свойств.
- **В подземных водах:**
  - изменение уровней (понижение или повышение) водоносных горизонтов;
  - загрязнение;
  - изменение запасов подземных вод (чаще истощение);
  - нарушение взаимосвязи между подземными и поверхностными водами.
- **В поверхностных водах:**
  - загрязнение водоемов и водотоков;

— изменение гидрологического режима водоемов и водотоков за счет сброса шахтных и карьерных вод с активизацией русловых и эрозионных процессов;
— нарушение взаимосвязи между поверхностными и подземными водами.

- **В рельефе и почвах:**
  — формирование горнопромышленного ландшафта (отвалы, терриконы, дамбы, канавы, хвосто- и шламохранилища, мульды сдвижения, провалы и т.д.);
  — уничтожение почвенного покрова;
  — уменьшение плодородия почв за счет: запыления загрязненных атмосферных осадков и поверхностного стока; уменьшения гумуса, угнетения и уничтожения биоты почвенного слоя; нарушения физико-механических свойств почвенного слоя (изменение структурных связей, пористости, влажности); изменения химического состава (засоление, загрязнение тяжелыми металлами, изменение кислотности).

**Процессы и явления, возникающие при разработке полезных ископаемых:**

- техногенный и активизированный карст, оползни, сели, курумы, осыпи и т.д.;
- боковая и донная эрозия, плоскостной смыв, образование отмелей, перекатов, конусов выноса в руслах водотоков;
- возникновение комплекса мерзлотных процессов за счет изменения температурного режима пород (термокарст, солифлюкция, наледи, булгунняхи и т.д.);
- изменение фоновых сейсмических условий;
- уплотнение и разрыхление грунтов;
- изменение углов естественного откоса;
- заболачивание и подтопление;
- суффозионно-просадочные процессы;
- оседание земной поверхности над подземными горными выработками.

## Экологичность технологий добычи полезных ископаемых

Экологические последствия традиционных подземного (шахтного) и открытого (карьерного) способов добычи полезных ископаемых значительны. Суммарный экологический ущерб от открытого способа добычи в десятки раз превышает ущерб от подземной добычи. Будущее за геотехнологическими скважинными методами извлечения полезных компонентов сырья.

***Скважинные методы*** — новая прогрессивная технология по сравнению с горным способом добычи, причем добычные, обогатитель-

ные и передельные технологии объединены единой системой циркуляции рабочего раствора по стволам закачных и откачных буровых скважин, рудному пласту, трубопроводам на поверхности и перерабатывающей установки.

***Экологические достоинства скважинных методов*** состоят в перемещении процессов извлечения полезных компонентов в недра и работе геотехнологических систем в замкнутых циклах, что значительно ограничивает сферу их воздействия на природную среду.

***Подземное и открытое кучное выщелачивание*** осуществляется высокотоксичными растворами. Открытое кучное выщелачивание применяют как вторичные процессы при добыче урана, золота, меди из отвалов забалансовых руд или в качестве первичных при добыче золота из месторождений бедных рассеянных руд. Производят орошение выщелачивающим раствором крупных штабелей свежей руды на поверхности или в подземных камерах (блоках) маганизированной руды. Выщелачивающие растворы (серная кислота, цианистый натрий) высокотоксичны, поэтому основную экологическую опасность представляет утечка рабочих растворов и попадание их в подземные воды, особенно в верхние водоносные горизонты.

*Экологические последствия* функционирования геотехнологического комплекса подземного скважинного выщелачивания состоят в том, что после отработки месторождения в пластах остаются остаточные рабочие растворы, которые представляют экологическую опасность для подземных вод. Поэтому предусматривают утилизацию растворов в технологическом цикле, подземное захоронение остаточных растворов, рекультивацию водоносных горизонтов.

Перспективен метод *скважинной гидравлической добычи*, однако и он не лишен недостатков. При применении этого метода происходит нарушение целостности массива горных пород, локальные нарушения динамики подземных вод, нарушение рельефа.

Экологизация технологий извлечения полезных ископаемых — это переход от карьерного и шахтного способов добычи к более экологичным скважинным технологиям, хотя их внедрение также таит в себе серьезную экологическую угрозу.

# 11 ЭКОЛОГИЧЕСКО ПРОЕКТИРОВАНИ ОБЪЕКТОВ БАЗОВО ЭНЕРГЕТИК

## 11.1. Специфика технологии тепловой энергетики

Доля тепловых паротурбинных или тепловых электростанций (ТЭС в выработке электроэнергии в России составляет примерно 70%. Д привода электрогенератора используется паровая турбина. Тепловы электростанции, отпускающие потребителям только энергию, назы ваются государственными районными электрическими станциям (ГРЭС). Тепловые электростанции, отпускающие потребителям по мимо электроэнергии и тепловую, получаемую от отработавшего турбинах пара, называются теплоэлектроцентралями (ТЭЦ).

Источником энергии для работы тепловых электростанций (ТЭС являются газ, уголь, мазут; реже — торф, сланцы. Удельный расх условного топлива равен примерно 340 г/кВт.·ч. Специфика технол гии производства заключается в том, что техническое водопотребл ние — обеспечение турбоагрегатов водой, необходимой для охлажд ния отработавшего пара, на конденсационных электростанциях со ставляет 25–30 м$^3$/сек в расчете на турбину мощностью 1 ГВт. В связ с этим вблизи ТЭС должен быть крупный источник водозабора (водо хранилище, река, озеро, море). С целью экономии воды большей ча стью применяют оборотное водоснабжение с созданием охлаждаю щих прудов или градирен (на конденсационных электростанциях). Прямоточное водоснабжение с однократным пропусканием охлажда ющей воды через турбины применяется гораздо реже.

В отличие от других производств (например, черной и цветно металлургии), дымовые выбросы современных ТЭЦ осуществляются через небольшое количество очень высоких труб, высотой 180–350 м Поэтому загрязнители рассеиваются в обширном пространстве ниж ней тропосферы. При этом превышение концентрации веществ обычно не превышает ПДК или составляет не более первых десятков про центов. Лишь в исключительных случаях при неблагоприятных метео рологических условиях выбросы превышают ПДК в два-три раза.

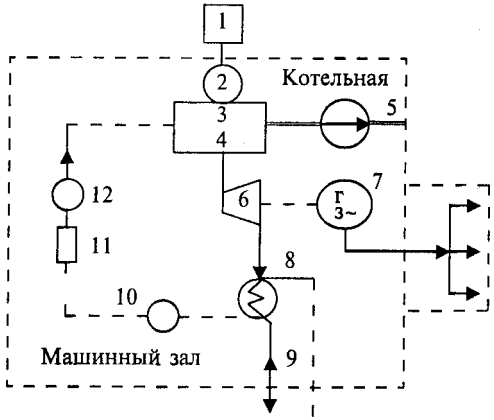



**Рис. 19.** Схема простейшей паротурбинной конденсационной электростанции (по М. П. Ратановой, 1999)

Рассмотрим схему паротурбинной конденсационной электростанции, работающей на угле (рис. 19). Из угольного бункера (1) топливо поступает в шахту (2), где размалывается мельницей в пыль. Далее размолотое топливо вместе с воздухом поступает в топочную камеру (3), где сгорает. Выделяющееся тепло нагревает воду и пар в котле (4). Газы из топки и газоходов котла отсасываются дымососом и через дымовую трубу (5) выбрасываются в атмосферу. Из котла перегретый пар поступает в турбину (6), приводя рабочий вал во вращение, который в свою очередь вращает вал генератора (7). Электроэнергия от генератора поступает на сборные шины и от них отводится потребителям. Отработавший пар поступает в конденсатор получения (8), в котором поддерживается давление ниже атмосферного для получения наибольшей разности давления, что позволяет обеспечить максимальное использование энергии пара.

Для интенсивного охлаждения и быстрой конденсации отработавшего пара через трубы конденсатора пропускают холодную воду, подаваемую насосом (9) из естественного водоема или башни-охладителя (градирни). Конденсат откачивается из конденсатора насосом (10) в питательный бак (11). Из питательного бака вода подается насосом (12) в котел (4). Таким образом, техническая вода, конденсат и пар обращаются по замкнутому циклу.

КПД полезного действия ТЭС составляет примерно 30–34%, т.е. только около $\frac{1}{3}$ потенциальной энергии топлива превращается в товарный продукт — электроэнергию; остальное ее количество рассеивается в окружающую природную среду в виде горячих газов и теплой воды.

Описанную технологическую схему дополним функциональной схемой ТЭС, мощностью 2,4 млн кВт, работающей на каменном угле (рис. 20). Она позволяет судить о степени и направлении влияния ТЭС

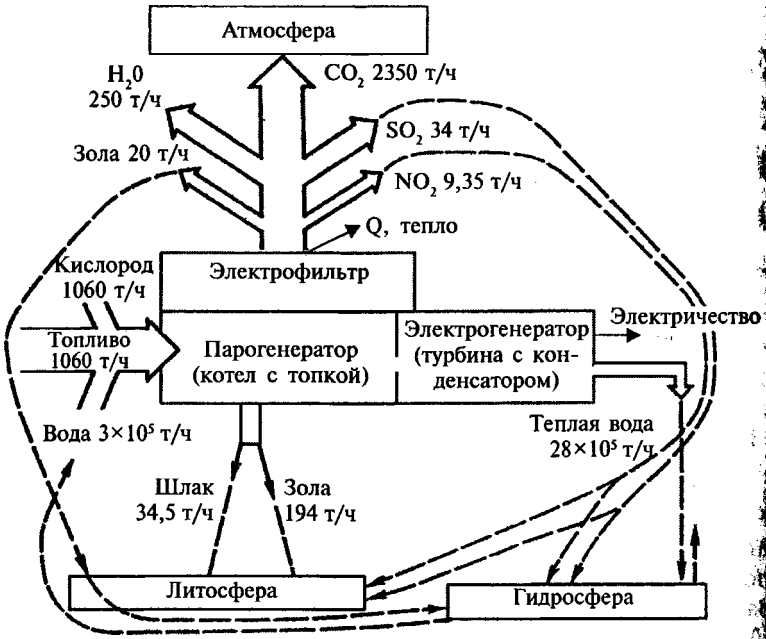



**Рис. 20.** Функциональная схема современной тепловой электростанции и ее связи с природной средой (по Л. К. Казакову)

на природную среду. При удельном потреблении топлива 1060 т/ч потребление кислорода и воды составляет 1820 т/ч и 300 000 т/ч. Влияние ТЭС проявляется в выбросах веществ в атмосферу (загрязнении и далее их поступлении в почву, поверхностные и грунтовые воды осаждении в слое растительного покрова); в значительном изъятии вод и земельных площадей.

Наибольшая **землеемкость и водопотребление** характерны для ТЭС работающих на твердом топливе (бурый уголь, сланцы); заметно меньше — у ТЭС, использующих в качестве топлива мазут и газ. Повышенная землеемкость угольных ТЭС связана с большими площадями, требующимися под топливохранилища и золо- и шлакоотвалы. С наличием системы гидрозолоудаления связано и повышенное водопотребление на этих ТЭС. В целом, вне зависимости от топлива, большое водопотребление (испарение при охлаждении) и водоотведение приводят к тепловому загрязнению водоемов. Площади, занимаемые современными тепловыми электростанциями и их сопутствующими сооружениями, составляют 3–3,5 км$^2$. Удельная площадь водоемов-охладителей составляет 6–9 м$^2$/кВт мощности.

Воздействие теплоэнергетики на природную среду характеризуется тремя типами выбросов: щелочными от ТЭС, работающими на

**Рис. 21.** Типизация воздействия дымовых выбросов различных ТЭС на природную среду

твердом топливе с малоэффектным золоулавливанием; кислыми от ТЭС на жидком и газообразном топливах; нейтральным от ТЭС, которые используют малосернистое твердое топливо с высоким КПД золоулавливания. Типизация представлена на рис. 21.

Сравнение удельных выбросов в атмосферу различными типами электростанций показывает, что наиболее сильное загрязнение создается в том случае, когда ТЭС или ТЭЦ работает на угле (табл. 6).

При проектировании и экспертировании крупных ТЭС важен точный расчет выбросов загрязняющих веществ. Компоненты дымовых выбросов ТЭС в зависимости от влияния на них технологии производства можно подразделить на две группы: *загрязняющие вещества*, количество которых в продуктах сгорания может быть с достаточной

*Таблица*

**Потребление топлива и выбросы в атмосферу основных загрязняющих веществ с ТЭС мощностью 1000 мВт, тыс. т/год***

| Показатели | Виды топлива | | |
|---|---|---|---|
| | Каменный уголь | Мазут | Природный газ |
| | (КПД золоуловителя 96%) | | |
| Потребление топлива, млн $м^3$ | 2300 | 1670 | 1900 |
| Выбросы: | | | |
| $SO_2$ | 80,0 | 60,0 | 7,0 |
| Золы | 18,0 | 0,7 | 0,5 |
| Nox | 21,0 | 22,0 | 12,1 |
| Cx Hx | – | 9,3 | 1,6 |

* Источник: *Казаков Л. К.*, 1992.

точностью рассчитано по составу топлива и мало зависит от технологии сжигания (сернистый ангидрид, количество и состав золы, соединения ванадия и др.).

Наибольшую сернистость имеют подмосковные и украинские бурые угли; донецкий, кизеловский, интинский каменные угли и эстонские горючие сланцы. Повышена сернистость мазута, получаемого из нефти Волго-Уральского района. Сибирские угли имеют небольшое содержание серы.

Другая группа *вредных примесей* зависит от состава топлива и технологии его сжигания. Сюда относятся окислы азота, углерода, сера, водорода, количество летучей золы. За последние 10 лет все большую роль в характере дымовых выбросов играют тип и эффективность работы фильтров.

*Зола*, представляющая собой твердую фракцию выбросов, является одним из основных загрязняющих веществ прилегающих территорий к ТЭС, работающих на угле. Зола — это частицы диаметром от 1 до 100 мкм. Анализ фазово-минералогического состава золы различных топлив показывает, что ее основная фаза — стекло, а кристаллическая представлена различными количествами кварца, гематита, магнезита, силикатами кальция.

Химический состав золы, которым характеризуют негорючую массу топлива, представляется обычно в виде суммы окислов $SiO_2$, $Al_2O_3$, $Fe_2O_3$, $CaO$, $K_2O$, $Na_2O$. Состав летучих зол, работающих на твердом топливе, как правило, определяет ее нейтральную или щелочную реакцию, что ведет обычно к подщелачиванию поверхностных вод, почв на прилегающей территории. Однако содержание в атмосферных выбросах двуокиси серы и азота способствует возникновению кисло

ных дождей, поскольку во влажной атмосфере происходит цепь химических реакций, в результате которых образуется серная и азотная кислоты.

Существенны выбросы продуктов недожога при использовании углей, особенно полициклических ароматических углеводородов (ПАУ). Их содержание определяется типом сжигаемого топлива, а также количеством и режимом выбросов дымовых газов и метеорологическими условиями. Велико и загрязнение бенз(а)пиреном — веществом первого класса вредности.

Выбросы вредных веществ от сжигания мазута меньше, чем при сжигании угля (см. табл. 6). Однако при сжигании мазута выделяются окислы различных элементов: $V_2O_5$, $NiO_3$, $MnO_2$, $Al_2O_5$, $Fe_2O_3$, $SiO_2$, MgO. Высок также выход бенз(а)пирена. Наиболее экологически чистым видом топлива является природный газ. При его сжигании существенно сокращается выброс сернистых соединений и твердых частиц.

*Таким образом, специфика функционирования ТЭС и ее влияния на природную среду обусловлена выбором топлива, технологией охлаждения пара, землеемкостью и размером зоны шлако- и золоотвалов и местными климатическими условиями.*

## 11.2. Влияние ТЭС на окружающую природную среду. Специфика ОВОС

Наиболее важными являются вопросы *реакции природных ландшафтов* на выбросы веществ в атмосферу, их депонировании в растительном покрове, почвах, миграции и метаболизме вещества в геосистемах и физико-географических последствиях этого макропроцесса. Вторая проблема — *водопотребление.* Третья проблема — *изучение эффекта тепловых воздействий* на прилегающую территорию. Четвертая — *влияние зоны шлако-* и *золонакопления* на окружающие ландшафты.

Исследованиями в сферах влияния различных ТЭС было установлено, что в ближайшей к ней зоне радиусом 12–15 км в зависимости от высоты труб выпадает 35–60% выбрасываемой золы. Остальная ее часть рассеивается на большее расстояние.

Устойчивость ландшафтов к кислотным выбросам тесно связана с их природной зональностью (рис. 22). Особенно сильно влияние кислых выбросов сказывается на ландшафтах лесной зоны и в меньшей степени — лесостепной и степной.

*Негативное влияние кислотных осадков, выпадающих в районе действия ТЭС,* работающих на мазуте и газе, прослеживается в нескольких направлениях:

- трансформируются и гибнут водные экосистемы: pH пресноводных систем обычно составляет 6–7; организмы адаптированы к этому уровню и при изменении pH всего на 1–1,5 едини-

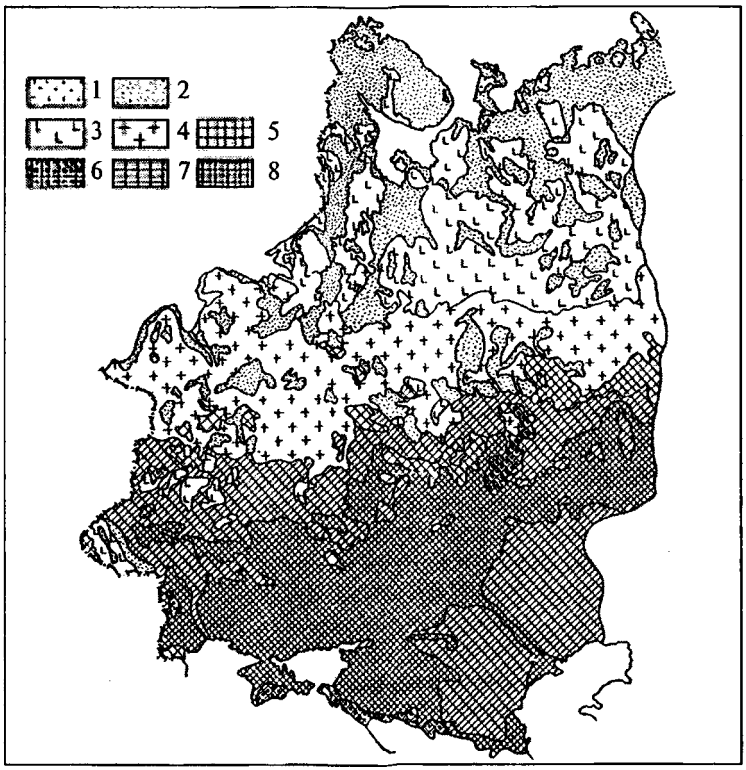



**Рис. 22.** Устойчивость ландшафтов к кислотным выбросам ТЭС. Категории относительной устойчивости: 1 — 0,01; 2 — 0,01–0,19; 3 — 0,02–0,04; 4 — 0,05–0,15; 5 — 0,2–0,3; 6 — 0,4–0,5; 7 — 0,6–0,8; 8 — 0,9–1,0

цы испытывают стресс и часто погибают. Увеличение кислотности водоемов препятствует репродукции организмов;

- происходит деградация лесов. Кислоты нарушают защитный восковой покров листьев, растения становятся более уязвимыми для многих патогенных организмов. Наблюдается суховершинность крон и уменьшение ее ажурности, в хвое появляются бурые пятна. Ослабленные деревья оказываются объектом нападения насекомых-вредителей, ускоряющих снижение продуктивности древостоев и их текущего бонитета. Еще один довольно чуткий морфологический индикатор задымления — отсутствие наствольных лишайников;
- подкисленные осадки, фильтруясь в почву и грунты, способны выщелачивать алюминий и тяжелые металлы, которые в свою очередь оказывают токсичное воздействие как на растения, так и на животных.

Л. К. Казаковым детально изучено влияние Конаковской ГРЭС, работавшей до 1985 г. преимущественно на мазуте, которая расположена в зоне смешанных лесов на берегу Иваньковского водохранилища. Ежесуточные выбросы основных токсичных компонентов составляли по $SO_2$ около 600 т, по Nox 100–200 т. С зольной фракцией выбросов в атмосферу поступало до 2 т/сут. ванадия. ТЭС забирала из водохранилища 80 $м^3/с$ чистых вод, которые полностью шли на охлаждение и затем сбрасывались в водоем.

Замеры распределения $SO_2$ в приземной атмосфере аспирационным методом показали, что максимальные разовые концентрации вокруг ТЭС, как правило, наблюдаются в зоне 1–8 км от станции и составляют 0,50–0,53 $мг/м^3$. Содержание сульфат-иона в атмосферных осадках варьировало от 5 до 16 мг/л (фоновые значения — 1,8–10 мг/л), а в снеговом покрове на расстоянии до 5 км от ТЭС составляло 29–34 мг/л против 8–10 мг/л на контроле. На расстоянии 8–10 км влияние ТЭС на химический состав атмосферных осадков минимально и проявляется эпизодически.

Ответная реакция ПТК на поступление сульфат-иона и других загрязнителей неоднозначна. И в этом заключается одна из принципиальных сложностей составления ОВОС, затрудняющая экстраполяцию полученных данных с действующих объектов на проектируемые. Так, лесные сообщества, имеющие различный состав древостоя, по-разному трансформируют проходившие через кроны атмосферные осадки. Сосняки и ельники подкисляют их, а осинники и ольховники — подщелачивают. В целом приход сульфат-иона в зоне интенсивного воздействия в 2–3 раза больше прихода в фоновых ПТК.

В зоне влияния ТЭС относительно заметные и постоянные нарушения почв отмечены на расстоянии до 2–2,5 км. Эпизодические относительно слабые нарушения зафиксированы на расстоянии 5–6 км от станции. Обобщенные данные по влиянию ТЭС на геохимические условия приведены на рис. 23. Использована система разнообразных геохимических показателей и биоиндикационных показателей, которые в целом позволяют судить о нелинейном характере зависимости интенсивности влияния от источника воздействия; незначительное влияние по сульфат-иону прослеживается до 13 км.

Анализ материалов по распространению загрязняющих веществ в сфере влияния ТЭС выявил *три характерные зоны* в пределах ландшафтов прилегающей территории.

*Первая зона*, примыкающая к ТЭС в радиусе до 3–3,5 км, характеризуется нарушениями в той или иной степени во всех компонентах ландшафта. Зафиксировано равномерное распределение повреждений хвойных пород по всей площади. У деревьев отсутствует многолетняя хвоя, а хвоя второго года сильно изрежена и повреждена. Древостои угнетены. Текущий прирост по диаметру и объему снижен. Напочвенные лишайники полностью отсутствуют. Используя метод регистра-

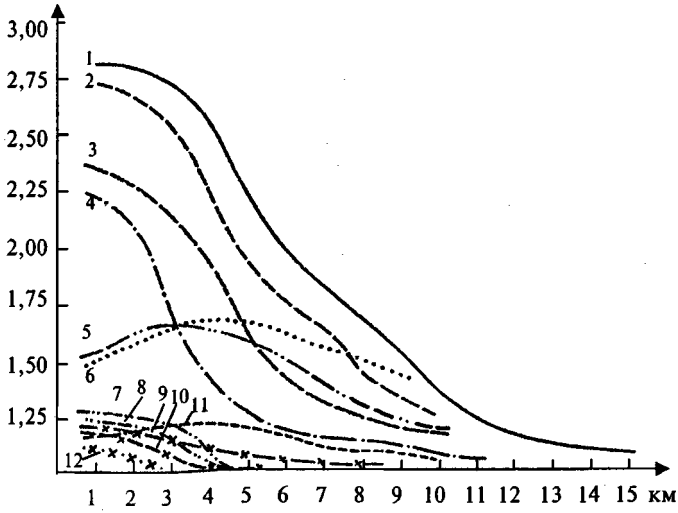



**Рис. 23.** Отклонение от нормы некоторых показателей состояния природной среды влияния мазутной ГРЭС $\left(\frac{C_{\text{в зоне}}}{C_{\text{фон}}}\right)$:

1 — отклонение от нормы концентрации $SO_4$ в атмосферных осадках; 2 — амплитуда колебаний содержания $SO_4$ в атмосферных осадках; 3 — отклонение от нормы pH атмосферных осадков; 4 — амплитуда колебаний pH атмосферных осадков; 5 — отклонение в поступлении $SO_4^{2-}$ на 1 км² в год; 6 — амплитуда колебаний поступления $SO_4^{2-}$ к земной поверхности; 7— отклонение от нормы содержания $SO_4^{2-}$ в лизиметрических водах; 8 — отклонение от нормы pH лизиметрических вод; 9 — отклонение от нормы концентраций $SO_4^{2-}$ в поверхностных стоковых водах (малых водосборов); 10 — отклонение от нормы pH поверхностных вод; 11 — амплитуда колебания pH вод поверхностного стока; 12 — амплитуда колебания pH лизиметрических вод

ции длительного послесвечения фотосинтезирующих органов растений, удалось установить, что в этой зоне фотосинтетическая активность нарушена у сосновой хвои первого года в 30–35% случаев, а у двухлетней — в 70%.

*Вторая зона*, отстоящая от ТЭС на расстояние 4–8 км, представляет собой сочетание очагов сильно и слабо нарушенных древостоев. Локальную дифференциацию определяет мезорельеф, с которым связано перераспределение загрязнителей с ветровыми потоками. Общее повреждение сосняков составляет 40–45%, ельников — 10–12%. В стадии усыхания находятся 16% деревьев. Появляются пятна лишайников в нижней части стволов (0,3–0,5 м от поверхности земли). Нарушенность фотосинтетической активности хвои наблюдается у 15–20% сосен.

В *третьей зоне*, отстоящей на расстоянии 8–14 км, растительность повреждена значительно слабее, и повреждения носят очаговый ха-

рактер. Появляется хвоя третьего и даже четвертого года. Лишайники на стволах деревьев поднимаются на высоту до 2,5 м, а их проективное покрытие составляет 25–35%. По сравнению с двумя другими зонами влияния ТЭС степень нарушения фотосинтетической активности хвои невелика и составляет 10–16% всех деревьев (по хвои третьего года).

***Тепловое влияние.*** На ТЭС, не имеющих для охлаждения градирни, теплая вода из системы охлаждения сбрасывается в водоемы. Так функционирует Конаковская ГРЭС. Следствием выступает тепловое загрязнение поверхностных вод. Тепловая зона в заливе Иваньковского водохранилища имеет протяженность 12–13 км, площадь более 3 тыс. га (Ю. И. Никаноров, Е. А. Никанорова). Положительная аномалия температуры воды равна 5–14 °С.

Последствия сброса теплых вод могут быть как положительные, так и отрицательные. Проявляется отепляющий эффект водохранилища, что сказывается на микроклимате прибрежной зоны, отмечено некоторое повышение рыбопродуктивности водоема. Вместе с тем происходит нарушение кислородного режима, возрастание продукции фитопланктона. Крайне негативным периодически повторяющимся процессом выступает промывка механических фильтров, регенерация ионных фильтров, продувка осветителей и т.д. Он сопровождается сбросом сточных вод с повышенным содержанием солей, кислот или щелочей. Резко ухудшается качество воды.

***Угольные золоотвалы*** представляют собой пылящую и парящую пустыню. Их влияние на прилегающие ПТК осуществляется через рассеивание золы ветром, фильтрацию вод сквозь стенки и дно золоотвалов, а также в результате предусмотренных сбросов осветленных вод (частичный сброс обязателен при мокром золоудалении в регионах, где осадки преобладают над испаряемостью). Кроме влияния на ПТК, пылящие золоотвалы ухудшают гигиеническую обстановку на прилегающих территориях, уменьшают производственный ресурс машин, механизмов, а иногда — и сельскохозяйственных угодий.

## Специфика ОВОС проектов ТЭС

Анализ проектов создания ТЭС позволяет говорить об основных положениях документа и типичных его недостатках.

1. Технико-экономическая аргументация потребностей в тепло- и электроэнергии в ближней и дальней перспективе в аспекте социально-экономического развития регионов потребления. Недостатки: отсутствие обоснования границ региона энергопотребления и недоучет потерь при передаче электроэнергии на большие расстояния.

2. Отсутствие (нежелание) глубокого рассмотрения альтернативных вариантов.

3. Обоснование выбора площадки под строительство с учетом сейсмичности и тектонического строения территории. Недостатки: выбор

площадки строительства плохо увязывается с размещением селитебных и рекреационных зон, с экологическим каркасом территории.

4. Характеристика топлива и особенности его сжигания. Расчет дымовых выбросов с учетом розы ветров. Ошибки: недоучет числа дней со штилями и инверсиями в зимний период; существующих в регионе антропогенных выбросов в атмосферу, в том числе тяжелых металлов. Нередко — игнорирование возможных экстремальных аварийных разовых выбросов в атмосферу и расчет дальнего и ближнего их переноса в атмосфере и последующей аккумуляции в ландшафте.

5. Водоснабжение, водопотребление и водоотведение. Недостатки: отсутствие глубокого анализа состояния водных объектов, качества забираемых на охлаждение вод. Отсутствие расчета изменения глубины залегания и режима грунтовых вод после осуществления проекта.

6. Техническое обоснование систем очистки сбросных вод. Расчет зоны теплового загрязнения водоема в случае сброса теплых технических вод в естественный водоем. Недостатки: низкое качество прогноза реакции грунтов в чаше водоема-охладителя и трансформации донных аквальных комплексов.

7. Характеристика современного состояния и прогноз изменения ПТК в сфере влияния ТЭС. Недостатки: схематизм прогноза, без учета внутриландшафтной дифференциации территории. Недостаточное внимание к последствиям загрязнения почв и сельскохозяйственной продукции выбросами как ТЭС, так и транспорта и другими стационарными источниками.

8. Отсутствие списка краснокнижных видов растений и животных.

9. Слабое обоснование или полное отсутствие рассмотрения компенсационных мероприятий.

10. Отсутствие материалов общественных обсуждений проектов.

## 11.3. Специфика технологии ядерного топливного цикла

На рубеже веков доля атомной энергетики в мировом производстве энергии составляла 17%; для России этот показатель равнялся 13%, причем территориальное распределение атомных электростанций (АЭС) было крайне неравномерным (рис. 24). В центре Европейской части вклад АЭС в производство энергии равнялся 25%, в Сибири и на Дальнем Востоке — менее 1%.

Общепринято рассмотрение экологических вопросов влияния АЭС на окружающую природную среду вкупе со всей технологической схемой ядерного топливного цикла* (рис. 25).

---

* См.: *Ратанова М. П.* Экологические основы общественного производства: Учебное пособие. Смоленск, 1999.

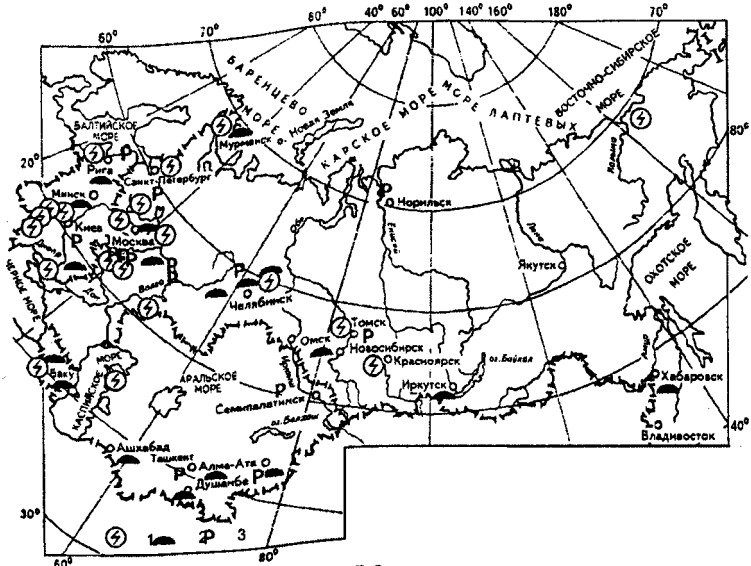



**Рис. 24.** Размещение АЭС, ПЗРО и исследовательских реакторов:
1 — атомные электростанции; 2 — пункты захоронения радиоактивных отходов; 3 — исследовательские реакторы

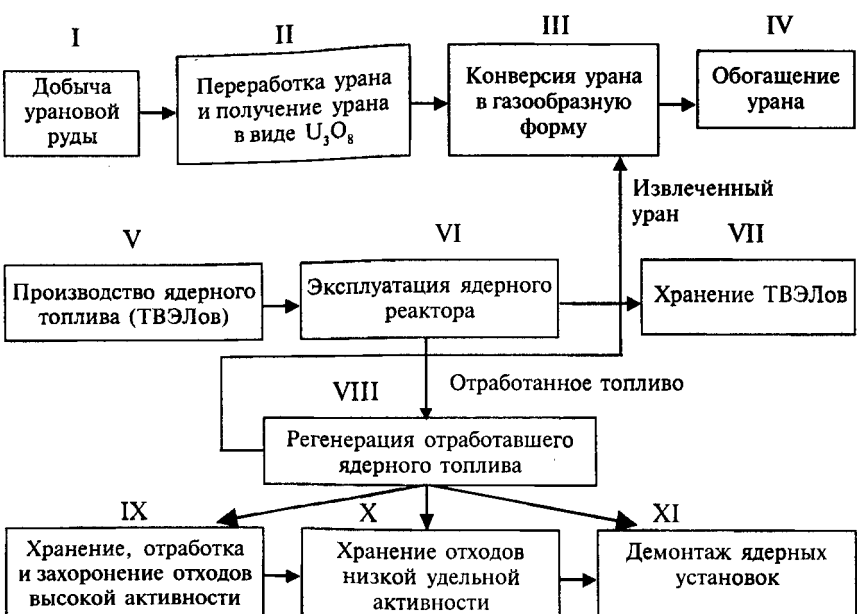



**Рис. 25.** Принципиальная схема ядерно-топливного цикла (ЯТЦ)

ЯТЦ включает в себя взаимосвязанные производства:

- добычу урановой руды, ее переработку с получением урановых концентратов и гексахлорида урана;
- разделение изотопов (обогащение) урана;
- изготовление тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов);
- производство тепловой и электрической энергии на АЭС;
- регенерацию отработанного ядерного топлива на радиохимических заводах: хранение, обработку и захоронение отходов высокой и низкой удельной активности;
- транспортировку топлива и радиоактивных отходов между различными предприятиями ЯТЦ;
- демонтаж ядерных установок.

Безусловно, каждое звено ЯТЦ имеет определенное воздействие на окружающую среду.

***Добыча урановой руды*** становится рентабельной, если она содержит несколько килограммов урана на тонну. Урановые руды добываются открытым и подземным способами. Полученная руда подвергается предварительной обработке, измельчению, выщелачиванию. Иногда уран извлекается попутно с другими металлами — золотом, медью, свинцом.

***Обработка руд*** осуществляется на гидрометаллургических заводах. Их мощность от 500 до 50 000 уранового концентрата в год. Для силикатных и алюмосиликатных руд основным является метод выщелачивания раствором серной кислоты с окислителями. Карбонатные руды выщелачивают раствором карбоната или бикарбоната натрия с окислителями. Для упорных руд применяют кислотное автоклавное выщелачивание при повышенных температурах. Полученный концентрат — «желтый кекс» (Yellow cake) поступает на дальнейшую переработку.

Возможные негативные экологические последствия этой стадии ЯТЦ связаны с поступлением в природную среду жидких, твердых и газообразных радиоактивных отходов (РАО), содержащих естественные радиоактивные вещества — уран и дочерние продукты его распада. Основными являются твердые отходы — отвалы пустых пород, хвостохранилища гидрометаллургических заводов, склады забалансовых руд.

На каждые 200 т извлеченного урана (это годовая потребность АЭС мощностью 1 Гвт) образуется 100 тыс. т РАО, накапливающихся в хвостохранилищах. Они представлены радием-226 и торием-230 с периодами полураспада в десятки тысяч лет, долгоживущими изотопами урана с периодом полураспада в сотни миллионов лет. Из рудников вместе с вентиляционным воздухом в атмосферу выбрасывается радон-222 и радиоактивная пыль с радиоактивными аэрозолями. Жидкие РАО поступают с откачиваемыми подземными водами спецпрачечных и душевых, жидкой фазой хвостов рудничной пульпы.

Доля расщепляющегося U-235 в чистом уране всего 0,7%. Поэтому для использования его на АЭС необходимо доведение содержания U-235

до 3%. Уран с помощью фтора превращают в газообразный гексафторид урана ($UF_6$). Затем изотопы разделяют с помощью нескольких способов — разделения на фильтрах, каскадной диффузии, центрифугирования газов.

Из обогащенного $UF_6$ получают диоксид урана, формуют его в брикеты — «таблетки». Сырые отпрессованные «таблетки» нагревают до 1700 °С для достижения необходимой прочности и плотности и заряжают в оболочку топливного стержня из сплавов циркония и алюминия или графита высокой плотности. Топливный стержень (ТВЭЛ) — это трубка с сердечником, представляющим собой брикеты из обогащенного урана ($UO_2$). ТВЭЛы собирают в специальные пакеты, кассеты и блоки («сборки») с регулирующими стержнями и размещают затем в активной зоне реактора.

На АЭС энергию для превращения воды в пар получают путем расщепления ядер урана, плутония, тория в ядерном реакторе. В нем проводят управляемую цепную реакцию, при которой допускается расщепление ровно такого количества ядер, которое требуется для выработки электроэнергии. Котел кипящего реактора служит также для нагревания воды. При распаде каждого уранового ядра испускается от двух до трех нейтронов. Для предотвращения распада излишнего числа ядер и выделения слишком большого количества энергии, обеспечения равномерности выработки электроэнергии применяются специальные вещества (кадмий, бор), которые поглощают нейтроны в нужном количестве.

В настоящее время в мире существуют пять основных ***типов энергетических реакторов:*** водо-водяные с водой под давлением; водоводяные кипящие реакторы, разработанные в США и наиболее распространенные в настоящее время; реакторы с газовым охлаждением, разработанные и применяющиеся в Великобритании и Франции; реакторы с тяжелой водой, принятые в Канаде; водографитовые канальные реакторы, которые использовались только в СССР.

В России освоен двухконтурный реактор водо-водяной энергетический (ВВЭР). В качестве теплоносителя и замедлителя используется обессоленная вода. Циркуляционными насосами она прокачивается через активную зону реактора под давлением 125 атм., отводит тепло от ТВЭЛов и переносит его в парогенератор, где образуется пар, направляемый на турбину (рис. 26).

Системы первого контура включают в себя реактор, циркуляционные насосы и трубопроводы, по которым вода поступает из реактора в парогенератор.

К системе второго контура относится паропроводящая часть парогенератора, турбогенераторы и трубопроводы, по которым из парогенератора пар поступает в машинное отделение к турбинам.

Второй тип реактора — РБМК — реактор большой мощности канальный, где замедлителем является графит, а теплоносителем — вода.

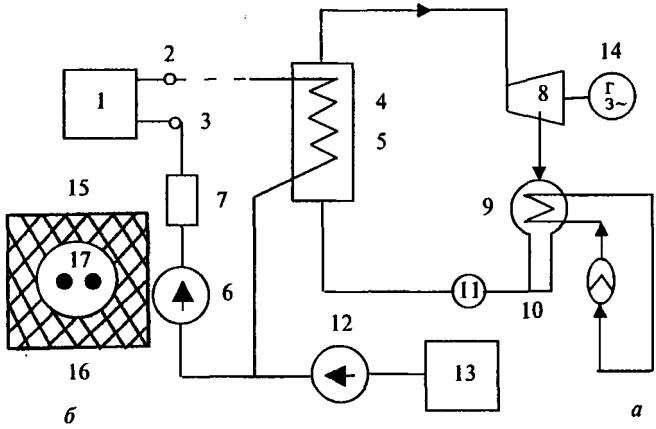



**Рис. 26.** Упрощенная схема атомной электростанции (*а*) и рабочего ка нала атомного реактора (*б*):

1 — ядерный реактор; 2, 3 — коллекторы; 4 — парогенератор; 5 — трубки 6 — циркуляционный насос; 7 — фильтр; 8 — паровая турбина; 9 — конденса тор; 10, 11 — насосы; 12 — насос для подачи воды; 13 — бак; 14 — турбогенера тор; 15 — графитовый цилиндр активной зоны канала; 16, 17 — трубки канал

Перспективным типом реактора является высокотемпературный, гд в качестве ядерного топлива, наряду с ураном, используется торий-23

Для обеспечения радиационной безопасности на АЭС существуе система защиты, не позволяющая радиоактивным продуктам распад попасть в окружающую среду. Она предусматривает:

- размещение расщепляемых материалов в топливных «таблетках»
- герметичность оболочек топливных стержней, не позволяю щая опасным продуктам выйти наружу;
- наличие отражателя нейтронов, окружающего активную зону
- высокопрочный металлический толстостенный корпус реактора
- экранирование толстыми бетонными стенами всех сооруже ний, из которых может исходить радиационная опасность;
- железобетонную ограждающую конструкцию толщиной боле 1 м, которая не разрушится даже в случае, если на нее рухне самолет.

***Газообразные отходы АЭС*** складываются из выбросов летучих ве ществ (трития, радиоактивных изотопов ксенона, криптона, йода) и аэрозолей. Остальные радионуклиды — осколки деления ядер, продукты активации и др. присутствуют в газовых выбросах в виде аэрозолей. Газо вые выбросы в атмосферу предварительно очищаются от радионуклидов.

***Объемы жидких отходов,*** образующихся на АЭС, могут достигать 100 тыс. м³/год на энергоблоке с реактором РБМК-1000 и 40 тыс. м³/год на энергоблоке с реактором ВВЭР-440 и ВВЭР-1000.

***Объем твердых отходов*** ежегодно достигает на АЭС 2000–3000 м³. В основном это отработанное топливо. Ежегодно заменяют примерно ⅓ действующих ТВЭЛов новыми.

Наличие радиоактивных отходов при работе АЭС требует учета при их проектировании определенных санитарно-гигиенических и экологических стандартов. Годовая эквивалентная доза для сотрудников АЭС составляет 4,4 мЗв. Для местного населения она равна примерно 0,02 мЗв/год. Для сравнения: фоновое излучение составляет 2 мЗв/год. Для каждой АЭС регламентируются предельно допустимые выбросы в зависимости от размера санитарно-защитной зоны, высоты вентиляционной трубы и усредненных метеорологических условий в районе работы АЭС.

***Тепловое загрязнение*** проявляется в воздействии АЭС на поверхностные воды. В активной зоне ядерного реактора выделяется огромное количество тепловой энергии. Эту зону необходимо охлаждать во всех режимах эксплуатации, включая остановку АЭС. Расход воды на АЭС в 1,5 раза выше, чем на ТЭС. Хотя сбрасываемые воды условно чистые, однако за счет своей термальности они подогревают воды водоема-приемника, что вызывает рост его биологической продуктивности. Уровень экологической опасности для водоемов наиболее высок для северных широт и в южной части умеренного пояса (68° с.ш. — оз. Имандра, 48° с.ш. — Каховское водохранилище). Наименьшая уязвимость — 56–60° с.ш.

Воздействие АЭС на водные источники существенно возрастает с наращиванием мощности станции. Функционирование станции мощностью 4–6 ГВт приводит к сбросу в водоем подогретых вод объемом от 5 до 7,3 км³/год. Тепловое давление на водные экосистемы настолько велико, что необходимо либо разбавление (охлаждение) сбрасываемых вод, либо расширение площади и объема акватории сброса. При этом площадь водного зеркала должна быть 120–180 км², что возможно только на крупных реках типа Волги. В связи с этим встает задача проектирования специальных водоемов-охладителей, или градирен. В этом случае площади изымаемых земель возрастают в 6 раз, до 3 тыс. га на АЭС мощностью 6 ГВт.

***Переработка отработанного топлива.*** Примерно 10% использованного на АЭС ядерного топлива направляется на переработку для извлечения урана и плутония с целью повторного использования. Технология регенерации топлива заключается в выделении радиоактивных отходов и пригодного для повторного использования топлива. Свыше 99% продуктов деления попадает в высокоактивные отходы; поэтому радиохимические заводы относятся к наиболее опасным стадиям ЯТЦ.

***Хранение, отработка и захоронение отходов.*** Отходы подразделяются на три группы: слабоактивные, среднеактивные и высокоактивные. К первой относятся лабораторные отходы, растворы, отходы от уборки, загрязненные фильтры, одежда. Среднеактивные — измель-

ченная оболочка топливных стержней. Их также цементируют в специальных сосудах. Высокоактивные отходы — растворенные в азотной кислоте продукты распада, дающие 99% мощности радиоактивного излучения всех ядерных отходов. В проектах создания АЭС для хранения высокоактивных отходов предусмотрен метод остекловывания: их растворы концентрируют, подвергают химической обработке, плавят при температуре 1150 °С со стеклянным порошком и затем сливают в толстостенные емкости из нержавеющей стали.

***Демонтаж АЭС.*** АЭС рассчитаны на 30 лет работы. Технология демонтажа предусматривает полную очистку территории, до ее привода в состояние «зеленой площадки».

## 11.4. Влияние АЭС на окружающую среду и специфика ОВОС

Экологическими проблемами атомных электростанций занимались видные экологи В. И. Булатов, Ю. А. Егоров, Д. А. Криволуцкий, А. А. Кошелев, В. Г. Линник, А. Ш. Резниковский, Л. Н. Шапиро и др. С. М. Говорушко (1999) представил общую схему влияния атомной энергетики на природную среду, которая представлена в табл. 7.

По радиационному воздействию на человека и окружающую природную среду **нормально работающую АЭС** можно считать безотходным производством. Однако это упрощенный подход, так как существует чисто техническая проблема безопасности реакторов.

При проектировании АЭС подразумевается максимально возможное соблюдение технологии производств и мер экологической безопасности объекта. Тщательное геологическое и гидрогеологическое обоснование должен пройти выбор места создания АЭС. АЭС является землеемким предприятием. Изъятие земель связано со строительством прудов-охладителей, поселков, санитарно-защитных зон, специальной дорожно-транспортной сети и т.д.

В первую очередь надлежит обратить внимание на тектоническое строение территории (наличие разломов земной коры, сейсмичность), наличие карстующихся пород и карста, оползневых процессов и других эндо- и экзодинамических геоморфологических процессов. Принцип «легче предупредить, чем лечить» в случае проектирования атомных станций должен соблюдаться абсолютно.

Расчет водохозяйственного баланса и прогноз теплового загрязнения водоемов — также важнейшее звено в ОВОСе АЭС. Влияние водоемов-охладителей на окружающую территорию особенно сильно в зимний сезон года, когда температурный контраст двух подстилающих поверхностей — снега и воды может достигать 20—30 °С. Микроклиматический эффект проявляется в увеличении влажности воздуха, образовании туманов. Вблизи водоема увеличивается выпадение кон-

**Схема влияния атомной энергетики на природную среду**

| Вид воздействия | Изменения в природе | Меры по снижению последствий |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| **Строительство атомных электростанций** | | |
| Изъятие земельных ресурсов | Уничтожение ПТК, невозможность дальнейшего использования земли | Использование наименее ценных территорий, снятие плодородного слоя почвы |
| Расчистка участка, перемещение грунтов, взрывные работы | Уничтожение растительности, миграция животных, загрязнение атмосферы и т.д. | Компенсационное создание аналогичных ландшафтов |
| Социально-экономический | Влияние временного контингента рабочих и их семей на социально-культурную среду, переселение местных жителей | Участие населения в обсуждении проекта, создание объектов социальной инфраструктуры, выбор другой площадки |
| Фактор беспокойства для животных | Снижение численности животных | Регламентация работ. Компенсационные меры |
| Безвозвратное изъятие земель | Уничтожение прежних ПТК | Строительство градирен, использование неудобий |
| **Эксплуатация атомных станций** | | |
| Водозабор | Затягивание гидробионтов в водозаборные устройства | Установка предохранительных решеток, фильтров |
| Сброс теплых вод | Потеря воды при испарении, тепловое загрязнение водоема-охладителя | Утилизация избыточного тепла. Компенсационные мероприятия |
| Выбросы в атмосферу, воду и почвы | Загрязнение почв, атмосферы, водного бассейна | Совершенствование технологии очистки выбросов, компенсационные мероприятия |
| Загрязнение природных сред радионуклидами всех форм | Облучение людей и животных, приводящее к нарушениям физиологических процессов в организмах и необратимым изменениям в них | Жесткое соблюдение технологии защиты объекта и окружающей среды. Превентивные меры |
| Сброс радиоактивных сточных вод при перегрузке кассет ТВЭЛов | Нарушения физиологии гидробионтов, генетические отклонения | Сорбция с применением неорганических сорбентов, «мокрое сжигание» неорганических веществ |

*Продолжение табл. 7*

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
| Промывка и консервация оборудования | Нарушение газообмена и теплового баланса водоема, гибель планктона, бентоса, ухудшение качества воды | Разрушение комплекса металлов с реагентами, выделение металлов в осадок и разрушение органических соединений |
| **Демонтаж АЭС** | | |
| Ионизирующее излучение | Облучение людей и животных, вызывающее различные нарушения в физиологии | Разработка методов демонтажа, дезактивация оборудования и сооружений |

денсационных осадков; наблюдается обмерзание линий высоковольтных электропередач.

Что касается всего ядерно-топливного цикла, то спектр экологических проблем здесь достаточно широк, он включает:

- загрязнение от обширных хвостохранилищ, которые обычно в качестве временной меры покрывают слоем земли;
- поступление в атмосферу и водоемы отходов гидрометаллургических заводов по переработке урановой руды;
- выбор мест для могильников для радиоактивных отходов.

Это относительно самостоятельная проблема. Необходимо оценить следующие факторы природной среды: частоту и интенсивность землетрясений и современных движений земной коры; гидрогеологические и гидрохимические условия, мощность слоя активного водообмена, связь подземных и поверхностных вод; предусмотреть меры по ликвидации потенциальных экологических аварий и катастроф, с просчетом стоимости их ликвидации. Кроме того, сам могильник должен иметь несколько защитных оболочек вокруг радиоактивных продуктов. Захоронение твердых средне- и низкоактивных отходов возможно в приповерхностных хранилищах. В проекте должно быть предусмотрено основное требование при их размещении — минимизация утечки радионуклидов.

Серьезную опасность для приповерхностных хранилищ может представлять периодическое подтопление при сезонном колебании уровня грунтовых вод. Этот процесс на локальном, внутриландшафтном уровне проявляется индивидуально в зависимости от мезо- и микрорельефа, крутизны склона, почвообразующих пород. В этом заключается сложность составления прогноза (ОВОСа). Изучение физико-географических и экологических последствий аварии на Чернобыльской АЭС показало, что ответная реакция ландшафтов на воздействие радионуклидов по своей интенсивности неоднозначна и во многом определяется внутриландшафтными условиями.

# 12 ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ ГЭС

## 12.1. Назначение, классификации и специфика водохранилищ

**Водохранилищами** называют искусственные водоемы объемом более 1 млн м$^3$ или естественные озера с гидрологическим режимом, измененным человеком. Их создают в долинах рек или чашах путем возведения плотины. В отдельных случаях водохранилища образуют путем создания выемки (наливные в.-копани); в приморских районах водохранилища создают путем обвалования дамбами. Несколько водохранилищ на одной реке образуют каскад, что позволяет частично управлять водными ресурсами во времени и пространстве. Они представляют собой искусственно созданный природный объект, входящий в состав геотехнической системы. В мире создано более 32 тыс. водохранилищ, а в России эксплуатируется их более 2,22 тыс. Наиболее крупные водохранилища гидроэлектростанций, на которых в России ежегодно вырабатывается примерно 19% электроэнергии.

Согласно расчетам Р. К. Клиге, для суши характерен отрицательный водный баланс. Сокращение объема подземных вод и озер в последней трети XX в. составило соответственно 108 и 38 км$^3$/год, таяние ледников — 429 км$^3$/год. Аккумуляция воды в водохранилищах, равная 32 км$^3$/год, лишь на 5,5% компенсирует «обезвоживание» суши. Поэтому **глобальная функция водохранилищ** в современной гидро-климатической системе — сохранение воды на суше.

Можно выделить восемь основных направлений использования водохранилищ.

1. **Значение водохранилищ для гарантированного водоснабжения** промышленных предприятий, городов и прочих населенных пунктов. По качеству воды и охранному режиму они подразделяются на четыре группы: *питьевого назначения*; созданные в основном *для водоснабжения*, но используемые одновременно и другими отраслями хозяйства; *комплексные* и *одноцелевые*, использование которых для водоснабжения не представляется возможным.

2. **Водохранилища и энергетика.** Современная энергетика немыслим без водохранилищ. В них нуждаются как гидравлические (ГЭС) и гидро аккумулирующие станции (ГАЭС), так и тепловые и атомные. ГЭС — обязательное звено в единой региональной энергетической системе; они способны покрывать пиковые нагрузки. Без водохранилищ невозможно суточное, недельное и сезонное регулирование стока в интересах энергетики и других отраслей хозяйства. Себестоимость выработки электро энергии на ГЭС в 5—7 раз меньше, чем на тепловых станциях.

В то же время крупным водохранилищам ГЭС свойственны отри цательные экологические эффекты: затопление земель, переработк берегов, подтопление населенных пунктов, заболачивание, засоле ние, аридизация ландшафтов поймы реки в нижнем бьефе, измене ния в метеорологическом режиме прилегающей территории, туманы зимой в нижнем бьефе, региональная активизация движений земной коры, вызывающая небольшие землетрясения. Воздействие водохра нилищ тепловых и атомных электростанций связано с поступлением с водой добавочного тепла.

3. **Значение водохранилищ для борьбы с наводнениями.** Особенно эффективна их роль в областях муссонного климата (пример — водо хранилище Зейской ГЭС).

Создание небольших регулирующих водохранилищ (например, на Северном Кавказе) дает возможность в нижних бьефах гидроузло ликвидировать паводки и катастрофические наводнения. Однако срез ка весеннего половодья имеет отрицательные последствия для сельс кого хозяйства — не обеспечивается оптимальная весенняя влагоза рядка почвы, что ведет к остепнению пойм.

4. **Значение водохранилищ для орошения.** Предпосылкой развити орошаемого земледелия выступает наличие гарантированного запас воды. Создание таких водохранилищ, как Саратовское, Волгоградс кое, Краснодарское, Каховское (Украина), Кайраккумское и Чарда ринское (Узбекистан) и др., позволило оросить миллионы гектаро сельскохозяйственных земель. Главное негативное экологическое по следствие — засоление земель.

5. **Значение водохранилищ для рекреации.** По данным А. Б. Авакяна и В. Б. Яковлевой, на берегах водохранилищ проживало более 27 мл чел. городского населения и более 50 млн чел. — в пределах двухчасо вой езды до водохранилищ, которые использовали водоемы для от дыха. Водохранилища повышают рекреационную емкость и ценность ландшафта.

Рекреационный потенциал водохранилищ в России используется недостаточно. Основные причины такого положения: неудовлетвори тельная очистка чаши водоема перед затоплением, цветение воды и интенсивная переработка берегов, затрудняющая размещение в при брежной полосе учреждений отдыха и подступы к воде, слабое разви тие дорожно-транспортной сети.

6. **Значение водохранилищ для рыбного хозяйства.** Наиболее эффективны малые водохранилища рыбохозяйственного назначения, созданные в зоне влияния крупных городов (например, водохранилище Межура на р. Межиха в Калужской области). Создание крупных водохранилищ в принципе открывает возможности развития туводных рыб, но рыбопродуктивность искусственных морей, за исключением Цимлянского, ниже проектных значений.

Причина роста рыбопродуктивности водохранилищ не только в увеличении площади акватории, но и в смене транзитного режима стока вещества и энергии на транзитно-аккумулятивный. В результате в водоеме возрастает кормовая база.

Создание подпорных сооружений на крупных равнинных реках, в частности на Волге, принесло ущерб проходным и полупроходным рыбам, чему способствовало также увеличение сброса неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод, развитие водного транспорта (как фактор беспокойства и загрязнения), лесосплав и т.д.

7. **Значение водохранилищ для водного транспорта.** С созданием водохранилищ в несколько раз увеличивается длина и ширина судового хода, радиусы закругления, что дает возможность повысить на 10—15% скорость движения судов. Среди недостатков, присущих водному транспорту на водохранилищах, в сравнении с речным, отметим затраты времени на шлюзование и большую длительность ледостава весной. Недостатком создания ряда крупных водохранилищ в Сибири (например, Братского, Усть-Илимского и др.) является отсутствие шлюзов.

8. **Положительный эффект от создания водохранилищ для лесосплава** заключается в увеличении протяженности трасс, ширины судового хода и ликвидации молевого сплава. Отрицательные последствия зарегулирования стока для лесосплава заключаются в более сложных ветроволновых условиях, сокращении периода навигации, снижении скоростей течений (для рек, по которым лес сплавлялся вниз по течению).

Водохранилища — многопризнаковые объекты, в связи с чем существуют различные их классификации: *по типу регулирования гидрологического режима, по назначению, принадлежности к природной зоне (подзоне), по размерам (площади водного зеркала, глубине), генезису и морфологии чаши.*

По ***назначению*** водохранилища подразделяются на *многоцелевые* и *специальные.* Среди многоцелевых выделяются водохранилища приоритетно-комплексного назначения, когда приоритет отдается какой-либо отрасли (чаще всего энергетике или ирригации), и комплексного назначения (без ярко выраженного лидирующего направления в его использовании). Водохранилище специального назначения — это водно-транспортные, рыбохозяйственные, сельскохозяйственные, энергетические, лесохозяйственные, канализационные, противоэрозионные, рекреационные и питьевые.

По ***приуроченности к макрорельефу*** выделяют равнинные, пред
горные (низкогорные), горные и высокогорные водохранилища. П
положению в географической зоне — тундровые, лесные, лесосте
ные, полупустынные и пустынные. Классификация водохранилищ п
указанным двум физико-географическим признакам важна для пр
ведения типологии зон их влияния.

По характеру регулирования стока, а следовательно и колебания
режима уровня, различают водохранилища многолетнего, сезонного
месячного, недельного и суточного регулирования. Многолетнее рег
лирование стока преследует цель аккумулировать излишек воды в мн
говодные годы для использования ее в маловодные, а в пределах каск
да — для специальных попусков воды в нижележащие водохранилищ

В Волжском каскаде такими водохранилищами являются Рыбин
кое и Куйбышевское. Сезонное регулирование стока осуществляет
на многих крупных и средних водохранилищах, где отметка нормал
ного подпорного уровня (НПУ) достигается ежегодно, обычно ве
ной, а затем идет сработка уровня.

К. К. Эдельштейн предлагает **гидроэкологическую** классификаци
водохранилищ:

- Водоемы повышенного качества воды — источники комм
нального (питьевого) и технического (промышленного) в
доснабжения и водоемы рекреационного назначения.
- Водохранилища повышенной биологической продуктивност
используемые в рыбном и сельском хозяйстве, эвтрофиро
ние которых, вызываемое обогащением воды органически
и биогенными минеральными веществами, не только не вре
но, а скорее желательно для повышения рыбопродуктивно
водоемов.
- Водохранилища, эксплуатируемые остальными отраслями, д
которых качество воды не имеет принципиального значен
(например, водохранилища транспортного назначения, пр
тивопаводковые, для целей лесосплава и др.).

С позиций оценки влияния водохранилищ на прилегающую терр
торию огромный интерес представляет **типология режима уровня во
хранилищ за теплый период года.** Для равнинных водохранилищ (Ива
ковского, Рыбинского, Горьковского, Новосибирского, Камского и д
выделены три типа колебаний уровня с несколькими подтипами:

1. В течение всего теплого периода уровень воды в водохранил
ще равен НПУ.
2. НПУ устанавливается на непродолжительное время в нач
вегетационного периода, а с середины или конца июня пр
исходит снижение уровня.
3. В течение всего теплого периода уровень ниже НПУ на 1—3 м
более.

На стадии проектирования каждому водохранилищу определяется свой **нормальный подпорный уровень.** Это высший проектный уровень верхнего бьефа плотины, который подпорные сооружения могут поддерживать в нормальных эксплуатационных условиях в течение длительного времени.

Минимальный уровень водохранилища, до которого возможна его сработка в условиях нормальной эксплуатации, называется **уровнем мертвого объема (УМО).** Объем воды, заключенный между НПУ и УМО, называется ***полезным*** (это сливная призма водохранилища). Именно этот объем воды представляет собой ресурс, активно используемый различными отраслями хозяйства. В отдельные годы за счет интенсивного снеготаяния, интенсивных осадков и экстремальных сбросов воды из вышележащих в нижележащие водохранилища наблюдается временное повышение уровня до отметки **форсированного подпорного уровня (ФПУ).**

На водохранилищах, используемых для водного транспорта или лесосплава, сработка уровня в период навигации ограничена уровнем, при котором речной флот по состоянию глубин может продолжать нормальную работу. Этот уровень называется **уровнем навигационной сработки (УНС).** Для ряда водохранилищ установлен **минимальный санитарный уровень (МСУ),** ниже которого качество воды не отвечает нормативным требованиям.

В проектно-технической документации для водохранилищ принято выделять четыре зоны, каждая из которых характеризуется своим режимом уровня.

1. Зона постоянного затопления — вся акватория водохранилища при НПУ у плотины с учетом кривой подпора, соответствующей расходу воды $Q$ 10% обеспеченности в главном притоке.
2. Зона периодического временного затопления та же, но при $Q$ 5% обеспеченности.
3. Зона эпизодического временного затопления — вся площадь водохранилища, но при ФПУ у плотины и кривой подпора при $Q$ 5% обеспеченности.
4. Мелководная зона — часть водохранилища с глубиной до 2–2,5 м при НПУ. Гидроэкологическая ситуация и характер процессов в каждой из этих зон специфичны.

Создание водохранилищ приводит к резкому снижению скорости водообмена в речных системах. По оценке Г. П. Калинина, на начало 70-х годов XX в. продолжительность водообмена в реках мира в связи с созданием водохранилищ возросла с 20 до 60 суток. Если использовать в качестве показателя интенсивности водообмена v — отношение $Q/W$, где $Q$ — средний расход реки (водохранилища), $W$ — запас воды в реке (водохранилище) то, например, на Рыбинском водохранилище этот показатель с 17 снизился до 1,4.

Факт снижения интенсивности водообмена имеет огромные ф
зико-географические и экологические последствия. Водохранилища
мощные аккумуляторы вещества, что обусловлено снижением ско
стей течения и оседанием наносов из основной реки и притоков
поступлением материала от абразии берегов. В целом в нижний б
сбрасывается не более 5—10% наносов, поступающих в водохранил
ще. **Заиление** горных водохранилищ идет намного интенсивнее,
равнинных.

Другой крупный процесс, присущий многим водохранилищам
эвтрофирование. **Эвтрофирование** — это резкое увеличение биоло
ческой продуктивности водоема в результате повышенного поступ
ния соединений фосфора и азота, причем по мере накопления в
доеме органических остатков содержание фосфора, азота, калия в
растает и с течением времени начинает превышать ПДК. В этом слу
уже можно говорить о загрязнении водохранилища. Интенсивное пр
менение минеральных и органических удобрений, гербицидов, деф
лиантов создало критическую гидрохимическую обстановку на мн
гих водохранилищах (Куйбышевском, Чардаринском, Каховск
Краснодарском и др.).

*Таким образом, водохранилища — полифункциональные объекты,
здание которых рождает как объективные, так и субъективные про
воречия в их использовании. С их строительством связаны долговрем
ные и сложные геоэкологические проблемы, в связи с чем составля
ОВОС при проектировании крупных водохранилищ ГЭС— задача мн
плановая и междисциплинарная, в которой принимают участие гид
техники, гидрологи, геологи, физико-географы, лесоводы, биологи, эконом
ты, юристы и др.*

## 12.2. Пространственно-временная организация сферы влияния водохранилищ

В 60—70-е годы XX в. в связи с актуальностью проектов террито
ального перераспределения стока северных рек на юг возросло вн
мание к проблемам взаимодействия крупных равнинных водохра
лищ с ландшафтами окружающей территории. Значительный вкла
решение этой проблемы внесли работы А. Б. Авакяна, С. Л. Вендро
К. Н. Дьяконова, А. Г. Емельянова, Ю. М. Матарзина, И. Г. Мельнич
ко, Г. С. Золотарева, Л. К. Малик, А. Ю. Ретеюма, В. М. Широко
В. М. Стародубцева, Р. С. Чалова, В. А. Шарапова, К. К. Эдельштей
В. Н. Экзарьяна и др. На основании этих работ составлена схема вл
ния водохранилищ на окружающую территорию (рис. 27).

**Рис. 27.** Схема влияния водохранилищ на геокомплексы прилегающих территорий

## Район верхнего бьефа

Взаимодействие водохранилища с ландшафтами осуществляется через поверхностные и грунтовые воды, воздушные массы и животный мир. ***Переработка берегов водохранилищ*** (термин предложен академиком Ф. П. Саваренским в начале 30-х годов при проектировании водохранилищ Волжского каскада) определяется локальными и фоновыми физико-географическими факторами.

1. Первоначальным к моменту заполнения чаши водоема рельефом.

2. Степенью выветренности горных пород, их сопротивляемостью к размыву под динамическим воздействием волн, сопротивляемостью «растворению» при смачивании.

3. Комплексом гидрометеорологических условий, среди которых определяющее значение имеют ветровой режим и продолжительность безморозного периода.

4. Комплексом химических и биохимических факторов, определяющих в конкретных условиях интенсивность «химической абразии» и карстовые провалы. Это актуально для побережий Камского, Усть-Илимского и ряда горных водохранилищ в Средней Азии и Закавказье.

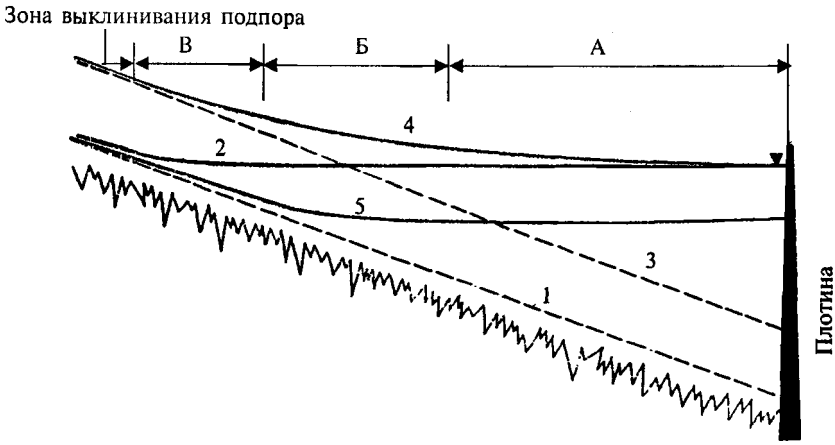



**Рис. 28.** Продольный профиль водохранилища с гидрологическими зонами (*Авакян, Шарапов*, 1977):

А — нижняя зона, Б — средняя зона, В — верхняя зона; 1 — нормальный меженный уровень, 2 — то же после подпора, 3 — максимальный уровень половодья в естественных условиях, 4 — то же после подпора, 5 — меженный уровень при сработанном водохранилище

5. Биологическими свойствами водоема, в частности интенсивностью развития планктона, гидромакрофитов. В значительных скоплениях они способны нейтрализовать ветровое волнение и тем самым резко уменьшить интенсивность процесса абразии и размыва дна.

6. Количеством наносов, поступающих в водохранилище, и их источниками. На крупных равнинных водохранилищах обычно 70% взвешенных наносов местного происхождения, за счет размыва дна на мелководьях и берегов. Остальное количество поступает с водосбора через притоки. В аридных районах возрастает роль атмосферного переноса пыли.

7. Амплитудой колебаний уровня грунтовых вод, смачиванием бровки и склонов береговых массивов атмосферными осадками, объемом и режимом талых вод.

Коренное отличие водохранилищ от озер заключается в том, что от плотины вверх по бывшей реке новый водоем имеет несколько гидрологических зон, каждая из которых характеризуется специфическими гидро- и морфодинамическими особенностями и взаимодействием с ландшафтами прилегающей территории.

С. Л. Вендровым выделено четыре зоны (рис. 28).

*Глубоководная нижняя зона,* где при всех уровнях волнение развивается свободно, не взаимодействуя, за исключением прибрежной полосы, с дном. Динамические условия близки к морским или глубоководным озерам. Наносы аккумулируются только на глубине за пределами зоны сработки. Влияние на климат максимально.

*Промежуточная зона средних глубин* в зависимости от положения уровня воды может быть либо глубоководной (при уровнях близких к НПУ), либо мелководной (при низких отметках уровня).

*Мелководная верхняя зона,* где при любых положениях уровня сохраняются условия мелкого озера. Развитие волнения ограничено влиянием дна. Волновая переработка берега малоинтенсивна. Здесь откладывается значительная часть приносимых рекой наносов и быстро формируется прибрежная отмель. Климатическое влияние ослаблено (наблюдаются изменения в микроклимате).

*Зона выклинивания подпора,* в которой даже при самом высоком горизонте воды сохраняются условия мелководного залива. По мере снижения уровня она обсыхает и становится «поймой» водохранилища. Активно идут эрозионно-аккумулятивные процессы. Развит процесс **регрессивной аккумуляции**, связанный со снижением скорости потока и отложением наносов.

Еще выделяют разорванные ареалы зон небольших заливов, в которых идет процесс аккумуляции материала, поставляемого склоновым стоком.

Классификация берегов по их генезису была разработана И. А. Печеркиным, С. Л. Вендровым и В. М. Широковым. Выделяют берега *абразионные* (обвально-осыпные, оползневые, закарстованные), *аккумулятивные* и *устойчивые*. Наибольший практический интерес представляют абразионные берега. Это связано с большой интенсивностью их размыва, особенно в первые пять лет существования водохранилища. Ширина зоны переработки берегов в конечную стадию составляет 200–300 м и более. Наиболее интенсивно абразия берегов идет на водохранилищах Сибири, что связано с криогенными процессами в условиях экстраконтинентального климата. Из общей протяженности берегов существующих и строящихся водохранилищ Сибири (30 тыс. км) около 10 тыс. км затронуты процессами их переработки.

На развитие абразионных процессов на водохранилищах, расположенных в зоне многолетней мерзлоты, оказывают большое влияние термокарстовые процессы. Для горных водохранилищ характерны свои особенности переформирования берегов, обусловленные малой ролью ветрового волнения, большой амплитудой колебания уровня (до десятков метров), преобладанием прочных горных пород. Большую роль играют геодинамические процессы, поставляющие материал в акваторию, — выветривание горных пород, осыпи, обвалы, оползни.

В настоящее время протяженность абразионных, оползневых, осыпных, обвальных и других отступающих берегов составляет не менее 20 тыс. км, а объем ежегодно перерабатываемых горных пород — более 300 млн $м^3$.

Следует особо сказать о сравнительно недавно открытом виде влияния крупных водохранилищ на окружающую геологическую среду. Они активизируют движения земной коры в сейсмически активных

регионах, вызывая даже небольшие наведенные землетрясения. Зарегистрированы тектонические движения в районах создания водохранилищ Кариба, Гранвил, Мид, Нурекского и др.

В прибрежной зоне водохранилищ происходят направленные изменения в положении зеркала *грунтовых и почвенных вод*. Наблюдаются два процесса: фильтрация воды в берег и подпор грунтовых вод со стороны водохранилища. Помимо направленных изменений отмечаются ритмические колебания, обусловленные в **подзоне прямого гидрогеологического воздействия** колебаниями уровня водохранилища.

Ширина этой подзоны — 300–400 м. Далее следует **подзона косвенного влияния**, где сезонная ритмика увлажнения в первую очередь обусловлена метеорологическими условиями, но после создания водохранилища уже в первые 5–10 лет отмечен подъем зеркала грунтовых вод. Ширина этой подзоны может достигать 1–3 км, а в ослабленном виде проявляться на расстоянии до 5–6 км по долинам подтопленных рек и ручьев (Камское, Иваньковское и др. водохранилища).

Анализ проектов создания водохранилищ ГЭС при их экспертизах показывает, что гидрогеологами (Г. Н. Каменский, В. М. Шестаков и др.) создана надежная методика расчета ширины зоны гидрогеологического влияния, а отдельные ошибки связаны с недоучетом местных ландшафтных условий.

В районе верхнего бьефа водохранилища формируются зоны, подзоны и пояса влияния, образующие его **сферу воздействия.**

**Зона влияния** — ареал, выделяемый как по изменению одного из компонентов ландшафта (зона климатического или гидрогеологического влияния), так и ПТК в целом. **Подзона влияния** — территория, где либо происходит структурная перестройка ПТК, необратимые смены (в таком случае это **подзона прямого влияния**), либо выявлены отдельные изменения в свойствах ПТК при сохранении прежнего инварианта (**подзона косвенного** или ослабленного **влияния**). **Пояс влияния** — территория в пределах одной зоны, отличающаяся от соседней знаком (направленностью) воздействия.

Учитывая актуальность экологического обоснования проектирования крупных ГЭС в лесной зоне России и высокую степень изученности проблемы взаимодействия водохранилищ с лесными ландшафтами, рассмотрим новые черты пространственно-временной организации их сферы влияния.

**Полнота строения и специфика зон и сфера влияния** определяются сочетанием четырех важнейших факторов — механическим составом почвообразующих пород, углом наклона рельефа, степенью защиты от ветрового волнения и типом уровенного режима водохранилища за вегетационный период.

Комбинация этих факторов выделяет пять видов зон влияния:

I — обширная с полным набором зон, подзон и поясов. Характерен для берегов, сложенных песками и супесями, пологих и закрытых от ветрового волнения, где преобладает 1-й и 2-й типы режима уровня;

II — обширная с неполным набором поясов (отсутствует пояс сильного подтопления). Характерен для открытых абразионных берегов, с преобладанием 1-го и 2-го типов режима уровня водохранилища;

III — укороченная с полным набором зон и поясов. Вид приурочен к берегам относительно крутым и сложенным легкими суглинками;

IV — укороченная с неполным набором поясов и подзон (без пояса сильного подтопления на крутых абразионных берегах, сложенных суглинистыми породами; только с поясом сильного подтопления на пологих берегах, сложенных легко- и среднесуглинистыми породами);

V — укороченная, с поясами периодического затопления, умеренного и слабого подтопления на водохранилищах, где преобладает 3-й тип режима уровня.

Глубокая дифференциация знака, интенсивности воздействия в различных ландшафтах, неоднозначная плановая проекция ареалов в зависимости от выбранного индикатора влияния — один из важнейших выводов анализа сферы влияния искусственных водоемов.

В подзоне прямого влияния водохранилищ лесной и лесостепной зон прослеживаются следующие пояса.

1. Периодического затопления; он располагается между уровнем минимальной сработки и уровнем максимальной форсировки. Распределение новых ПТК подчинено вероятности затопления и носит микропоясной характер.

2. Сильного подтопления, отрицательного влияния; его верхняя граница на разных водохранилищах колеблется от 0,45 до 1,2 м над НПУ. Ширина пояса — первые сотни метров, а по заливам и долинам затопленных рек — до нескольких километров; на берегах, сложенных лессовидными суглинками, за счет капиллярного поднятия влаги граница пояса может превосходить 2 м над НПУ. В этом поясе наблюдается полная структурно-функциональная перестройка существовавших ранее ПТК. Вымочка леса происходит до высоты 0,6—0,8 м над НПУ. Леса замещаются низинными болотами. Выше указанных отметок наблюдается угнетение древостоя, снижение в 1,3—2 раза прироста, падение бонитета на II—III класса. Различные типы леса в поясе сильного подтопления трансформируются в осоково-травяные типы на торфянисто-подзолисто-глеевых, торфяно-глеевых почвах. Стадии и смены в лесных ПТК в прибрежной зоне водохранилищ рассмотрены в работах К. А. Кудинова, А. Г. Емельянова, К. Н. Дьяконова, А. И. Русаленко и др.

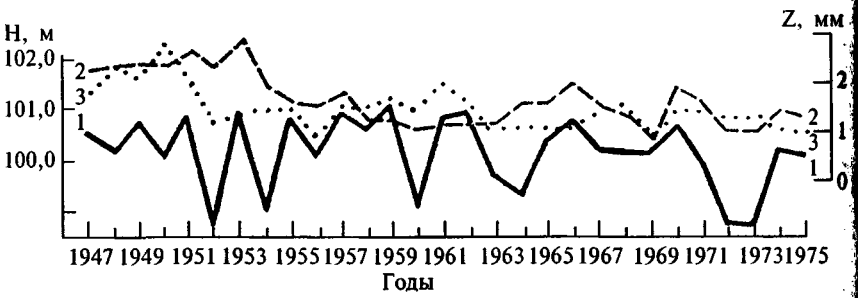



**Рис. 29.** Ход среднего уровня Рыбинского водохранилища (1) с мая по август, прирост сосен сосняка-зеленомошника в поясе умеренного подтопления (2) и прирост сосен сосняка-зеленомошника вне сферы влияния водохранилища (3)

3. Переходный, нарастающего и уменьшающегося подтопления. Занимает территорию в пределах 0,5–1,3 м над НПУ. В годы с высоким стоянием уровня водохранилища и почвенно-грунтовых вод наблюдается активизация процессов заболачивания, а в годы с низким уровнем — улучшение аэрации и увеличение фитопродукции ландшафта.

4. Умеренного и слабого подтопления, обычно положительного воздействия на биопродуктивность ландшафтов. Внешняя граница — до 3–3,5 м над НПУ; ширина в подзоне прямого влияния до 400 м. Наибольшее увеличение прироста древесного яруса наблюдается в тех ПТК, в которых до создания водохранилищ грунтовые воды располагались ниже корнеобитаемого слоя (сосняки лишайниковые, зеленомошные, чернично-зеленомошные).

В подзоне косвенного влияния прослеживаются пояса увеличения и снижения биологической продуктивности. Ее ширина может превосходить 1–2 км.

Важно подчеркнуть, что сезонная и годовая хроноорганизация процессов в подзоне прямого влияния обнаруживает связь с уровнем водохранилища. Это проявляется в связи уровня водохранилища с ежегодным приростом деревьев (рис. 29), также с численностью и видовым разнообразием млекопитающих, продукцией фитомассы лугов, содержанием кислорода в грунтовых водах, степенью оглеения почв.

Влияние водохранилищ на ландшафты в степной, полупустынной и пустынной зонах имеет свою специфику. Она заключается в том, что на смену процессу подтопления приходит процесс засоления.

**Влияние крупных водохранилищ**, особенно таких как Братское, Куйбышевкое, Рыбинское, Бухтарминское и др., **на местный климат** выражено довольно четко.

Альбедо водной поверхности при высоте Солнца более 20 колеблется от 6 до 12% и всегда меньше альбедо поверхности суши. Поэтому радиационный баланс водохранилищ ($R_в$) обычно на 15–20% больше радиационного баланса суши ($R_с$). Осенью за счет увеличения роли

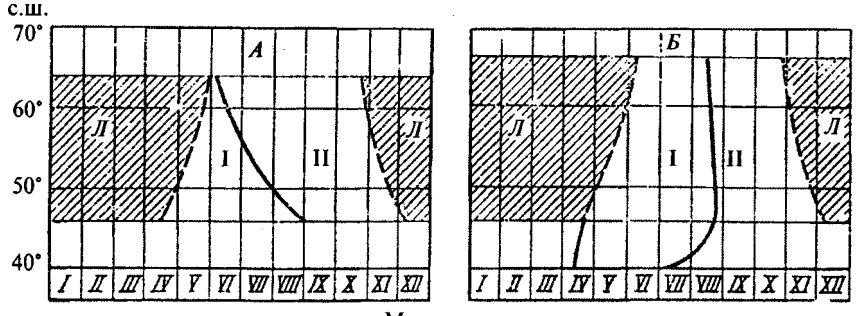



**Рис. 30.** Роль географического положения водоемов в продолжительности периодов охлаждающего (I) и отепляющего (II) влияния:

*А* — на мелких водоемах; *Б* — на глубоких, *Л* — период ледостава

эффективного излучения в радиационном балансе и более теплой водной поверхности по сравнению с сушей $R_в < R_с$.

Индикатором на интенсивность влияния водохранилища выступает разность температур поверхности воды и воздуха на окружающей территории (вне зоны влияния) -Тп-t. Она зависит от глубины водохранилища и его географического положения (рис. 30). Влиянию водохранилища на местный климат свойственны два периода: охлаждающего и отепляющего воздействия. Снижение средней месячной температуры воздуха в первом километре от уреза в апреле—июне равно 0,5—2,5 °С; на сибирских водохранилищах — 1,0—3,5 °С, главным образом за счет большего промерзания водоемов (толщина льда на водохранилищах Сибири достигает 1—1,2 м; на водохранилищах европейской части страны — 0,6—0,8 м).

Весной переход температуры воздуха через 5 и 10° запаздывает на берегах на 3—7 суток, что сказывается на прохождении растениями фенологических фаз; осенью наблюдается сдвиг дат перехода температуры воздуха через 10,5 и 0° на более поздние сроки, на мелких водохранилищах на 3—5 дней, на глубоководных — на 5—10 дней. Продолжительность безморозного периода на побережье возрастает весной на 1—4, осенью — на 9—14 (на глубоководных до 20) дней.

Соотношение периодов охлаждающего и отепляющего влияния водохранилищ на уровне дневных и ночных температур воздуха различно. Чаще всего этот факт не учитывается в прогнозе влияния водохранилища на климат. Охлаждающий эффект водохранилищ в дневное время проявляется до начала августа, а отепляющий ночью с середины мая на водохранилищах европейской территории России и с июня в условиях Сибири. Максимальные значения охлаждающего эффекта днем в апреле—мае (2,5—4,5 °С), отепляющего — ночью в августе—сентябре (2,5—3,5 °С).

Относительная влажность воздуха в дневные часы всегда выше на берегу (на 4—16%) по сравнению с территорией, на которую влияние водохранилища не распространяется, а ночью — ниже на несколько

процентов. Абсолютная влажность воздуха в прибрежной зоне выше на 0,5—2,0 мБ.

Водохранилище снижает число пасмурных дней по нижней облачности весной и летом на 10—20% и увеличивает число ясных дней до 30%. Над акваторией и плоскими берегами по сравнению с территорией более высокой и удаленной на 5—10 км за теплый период выпадает на 10—20% атмосферных осадков меньше, так как в период охлаждающего влияния конвенктивная облачность развита над водоемом меньше.

В течение всего теплого периода, за исключением апреля и первой половины мая, скорость ветра в прибрежной зоне выше, причем различия в августе—октябре достигают 1,0—2,2 м/с. На берегах всех водохранилищ развита бризовая циркуляция, влияющая на погоду и формирующая специфические черты местного климата на крупных водохранилищах на расстоянии до 5—8 км.

Бризовая циркуляция определяет размеры ареала влияния. Активное устойчивое влияние прослеживается до 3—5 км от берега, эпизодическое — до 10—15 км.

**В нижнем бьефе** (ниже плотины) отчетливо прослеживаются зоны гидрологического, гидрогеологического и климатического влияний. Внутригодовое перераспределение стока и его частичное изъятие в период наполнения чаши вызывают значительно большие изменения в аридной зоне, чем в гумидной, причем в степной и полупустынной зонах влияние в нижнем бьефе по площади обычно превосходит влияние в верхнем бьефе. Оценка эффекта изменений режима пойменных и грунтовых вод дифференцирована в зависимости от зональных и региональных условий.

В лесной зоне европейской территории страны, Западной и Средней Сибири регулирование стока рек водохранилищами при избыточном пойменном увлажнении снимает продолжительность весенне-летнего половодья, что в ряде случаев благоприятно для пойменных луговых комплексов.

Однако при этом резко снижается поступление наилка, нарушается главное звено формирования плодородия пойменных почв.

В условиях муссонного климата Дальнего Востока срез летнего пика половодья благоприятно влияет на условия сельскохозяйственного производства. Классическим примером является Зейское водохранилище, позволившее снизить интенсивность и продолжительность летне-осенних паводков на протяжении 640 км от плотины до устья реки.

Существенные негативные изменения пойменных комплексов наблюдаются в нижних бьефах аридных районов, где снижение водности связано также с водозабором воды на орошение. Происходит опустынивание и засоление ландшафтов, снижение их биологической продуктивности в несколько раз. Классические примеры — пойма Иртыша ниже плотины Бухтарминской и Усть-Каменогорской ГЭС, где влияние водохранилища сказывается на расстоянии до 1500 км; Волго-Ах-

тубинская пойма, нижний бьеф Капчагайского водохранилища и др. Фактором снижения биопродукции пойменных лугов выступает и более холодная вода в летний период (на 6–10°), поступающая в нижний бьеф на сибирских водохранилищах. Заметны различия в температуре на Каховском водохранилище (в мае на 2,5°). Зимний попуск относительно теплых вод приводит к образованию туманов на протяжении нескольких десятков километров (Красноярское, Зейское и др. водохранилища). Изменение гидротермических условий в нижнем бьефе, в частности образование в зимний период незамерзающей полыньи, коренным образом отражается на путях миграции животных.

## 12.3. Оценка воздействия водохранилищ на окружающую среду

Структура тома (томов) по оценке воздействия крупного водохранилища на окружающую среду выглядит следующим образом.

1. Введение. Цели проекта. Цели ОВОС. Основные и альтернативные варианты. Объем полевых и камеральных исследований. Информационная база ОВОС. Список исполнителей и организаций, принявших участие в составлении проектной документации.
2. Обзор законодательных и нормативных актов международного, федерального, регионального уровней. Ведомственные нормативные документы, инструкции и правила.
3. Методология и методы оценки воздействия применительно к водохранилищам ГЭС.
   - 3.1. Общие принципы.
   - 3.2. Природоохранный анализ проектных решений.
   - 3.3. Методы оценки воздействия на компоненты природной среды.
   - 3.4. Оценка воздействия на природные ресурсы.
   - 3.5. Воздействие на социально-экономические условия региона.
   - 3.6. Трансграничные воздействия (в случае необходимости).
   - 3.7. Критерии оценок допустимых воздействий.
   - 3.8. Критерии сравнения альтернативных вариантов проектов.
   - 3.9. Консультации с общественностью и общественные слушания.
4. Техническая характеристика проекта и его альтернативных вариантов. Обоснование нормального подпорного уровня (НПУ), уровня сработки или уровня мертвого объема (УМО), уровня временной форсировки (УВФ). Выбор створа плотины. Расчет средней и максимальной глубины, ширины, общего объема воды и объема сливной призмы. Лесосводка и лесоочистка чаши водохранилища.
5. Современное состояние окружающей среды. Покомпонентная и комплексная (ландшафтная) характеристика района проекти-

рования. Природные ресурсы. Земельный фонд. Демографическая ситуация. Социально-экономические условия и проблемы.

6. Оценка воздействия на окружающую среду и природоохранные мероприятия.

6.1. Оценка воздействия этапа подготовки и строительства плотины и зданий ГЭС, прокладки линий электропередачи, постоянных и временных дорог, строительства временных и постоянных поселков, выбора и разработки карьеров по добыче строительных материалов и т.д.

6.2. Прогноз составляющих водного баланса водохранилища — поступление воды через основную реку и притоки, осадки на площадь зеркала, сток и испарение, инфильтрация в берег. Определение типов суточного, сезонного и многолетнего регулирования. Прогноз ветро-волнового режима, течений. Гидрофизический и гидрохимический режим водохранилища. Цвет и прозрачность воды, ее качество. Хозяйственная деятельность на водосборе. Возможное эвтрофирование и заиление. Прогноз всплытия торфяников на водохранилищах лесной зоны.

6.3. Гидрологический режим в нижнем бьефе. Изменение русловых процессов в нижнем бьефе. Сток наносов. Местный климат. Роль зимней полыньи в формировании метеорологического режима ниже плотины (актуально для водохранилищ Сибири и Дальнего Востока, расположенных в резко континентальном климате). Прогноз качества воды в нижнем бьефе с учетом антропогенных факторов.

6.4. Изменение гидрогеологических условий в нижнем бьефе. Прогноз изменений в почвенном и растительном покровах. Биологическая и сельскохозяйственная продуктивность земель. Прогноз остепнения и аридизации пойм. Размеры зон и поясов влияния. Водохранилища как блокирующий фактор миграции животных (актуально для проектируемых водохранилищ Сибири и Дальнего Востока). Структура землепользования в нижнем бьефе. Экономическая оценка негативных последствий и обоснование объема финансирования компенсационных мероприятий.

6.5. Сейсмическая активность территории. Прогноз возможных наведенных землетрясений.

6.6. Прогноз переработки берегов в конечную стадию. Оценка ущерба и компенсационные мероприятия. Обоснование выбора вида инженерной защиты: обвалование территории, укрепление берегов и откосов существующих земляных сооружений. Устройство волноломных и волноотбойных сооружений, подсыпка берегов (с укреплением откосов и дренажем), намыв искусственного пляжа с созданием про-

филя равновесия в пляжной зоне (по аналогии с намывным пляжем в районе Акамдемгородка на Новосибирском водохранилище), залесение берегов.

Для зоны выклинивания подпора необходим прогноз развития процессов регрессивной аккумуляции вещества и глубинной эрозии.

6.7. Гидрогеологическое влияние (фильтрация и подпор). Определение размеров зон, подзон и поясов влияния. Подтопление (заболачивание или засоление) ландшафтов прилегающей территории. Прогноз изменений в почвенном, растительном покровах и животном мире. Определение участков, в пределах которых необходим принудительный дренаж для защиты сильно подтопленных территорий. Списки краснокнижных видов растений и животных, попадающих в зоны затопления и подтопления.

6.8. Местный климат водохранилища и его влияние на прилегающую территорию. Ключевым моментом в прогнозе является расчет температуры поверхности воды (Тп), который осуществляется по методике ГГО им. А. И. Воейкова. В ряде случаев можно использовать метод географических аналогий — привлекать данные по температуре поверхности воды озер или существующих водохранилищ. Оба метода дополняют друг друга и, как правило, дают близкие результаты при соблюдении граничных условий. В противном случае достоверность прогноза низкая.

Изменения по сезонам года и времени суток основных метеорологических элементов и явлений — числа дней с туманами, грозами, штормовым ветром. Метеорологический режим водоема и условия навигации.

6.9. Структура землепользования в верхнем бьефе. Рекреационный потенциал прибрежной зоны водохранилища. Экономическая оценка негативных последствий и обоснование объемов финансирования компенсационных мероприятий в зоне затопления и подтопления.

6.10. Вопросы сохранения памятников природы, истории и культуры, археологических объектов.

**7.** Оценка и управление риском. Краткое изложение предварительной оценки риска. Сценарии аварийных ситуаций. Разработка мер по снижению риска. Экономическая оценка платы за риск.

**8.** Вопросы организации службы мониторинга. Законодательные и нормативные требования. Мониторинг водохранилища, атмосферы, прилегающей территории в районе верхнего и нижнего бьефов. Санитарно-гигиенический мониторинг.

**9.** Материалы и итоги общественных обсуждений (слушаний) проекта.

# 13 ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСУШИТЕЛЬНЫХ И ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

## 13.1. Назначение и классификация мелиораций

Сельскохозяйственное производство, состоящее из растениеводства и животноводства, благодаря технике, мелиорации и химизации, оказывает существенное влияние на среду обитания человека и требует тщательного экологического обоснования.

Комплекс физико-географических факторов, ограничивающих возможности оптимального использования природных ресурсов и условий, называется **мелиоративной неустроенностью.**

Ее основные виды:

- переувлажненность;
- засушливость;
- засоленность почв;
- эродированность;
- закустаренность;
- завалуненность;
- лавино- и селеопасность и др.

**Сущность мелиорации,** в узком ее понимании, означает систему организационно-хозяйственных, биологических, технических, химических и других мероприятий по коренному повышению естественного плодородия сельскохозяйственных угодий.

В отличие от разовых факторов агротехнического обеспечения урожая каждого года они предполагают *многолетний эффект.* Потребность, виды, последовательность мелиораций ландшафтов вытекают из специфики местных физико-географических условий, из биологических законов растениеводства, региональных систем земледелия и экономических возможностей хозяйств.

Вопросам классификации мелиораций много внимания уделяли А. Н. Костяков, А. М. Шульгин, Ф. Р. Зайдельман, В. Т. Гриневецкий, В. Б. Михно и др. В обобщенном виде классификация приведена в табл. 8.

*Таблица 8*

**Классификация мелиораций**

| Тип | Подтип | Примеры |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Водные | Осушительные | Осушение болот, заболоченных лесов |
| | Паводково-регулирующие | Борьба с затоплением и паводками, борьба с подтоплением, ликвидация поверхностного застаивания атмосферных осадков |
| | Оросительные | Увлажнительное и удобрительное орошение, почвоочистное орошение |
| | Осушительно-увлажнительное | Регулирование водно-воздушного режима почв, орошение осушенных земель, польдерное осушение |
| Литотропные | Обводнительные | Обводнение маловодных и безводных территорий |
| | Почвозащитые (земельные) | Борьба с плоскостной и овражной эрозией, с дефляцией и суффозией |
| | Почвореконструктивные | Создание почвенного покрова, пескование, глинование, торфование |
| | Культуртехнические | Планировка поверхности, землеочистка, землеустройство |
| | Грунтореконструктивные (инженерно-геологические) | Противокарстовые, противооползневые, противомерзлотные |
| | Рекультивационные | Рекультивация карьеров, отвалов, рекультивация разрушений природной стихии (паводков, ураганов) |
| Фитотропные | Фитоконструктивные (растительные) | Создание лесополос, сплошное лесонасаждение |
| | Ландшафтно-защитные | Водоохранные, ветрорегулирование, снегозадержание, берегозащита, борьба с оползнями и обвалами |

*Продолжение табл. 8*

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
| Климатические | Тепловые | Борьба с заморозками, агротепловые, борьба с выпреванием и вымерзанием |
| | Влагораспределительные | Искусственное вызывание атмосферных осадков, регулирование снеготаяния, аккумуляция влаги |
| | Ветроослабляющие | Противоураганные меры, местные ветроослабляющие мероприятия |
| Снежные | Терморегулирующие | Снегозадержание, снегоуплотнение |
| | Влагорегулирующие | Снегонакопление, регулирование снеготаяния |
| Химические | Солеобогатительные | Внесение удобрений, регулирование расхода питательных веществ |
| | Кислоторегулирующие | Известкование, кислотование и гипсование почв |
| | Почвоукрепляющие | Оструктуривание почв, противодефляционное закрепление почв полимерами, силикатизация почв и грунтов |
| | Санитарно-дезинфекционные | Применение арбоцидов, пестицидов |

Типы мелиораций выделены по прямому воздействию на ведущие свойства (компоненты) геокомплексов (водные, литотропные или земельные, фитотропные, климатические и т.д.); подтипы — по характеру избирательного воздействия на ведущие свойства геокомплексов (например, в типе водных — оросительные, обводнительные, паводково-регулирующие, осушительно-увлажнительные).

По отношению к отраслям хозяйства и решаемым задачам мелиорации могут быть *сельскохозяйственные, лесохозяйственные, водохозяйственные, для нужд энергетики, рекреации, строительства, транспорта*. Наибольшее распространение имеют сельскохозяйственные мелиорации, которые мы называем приоритетно-комплексными, осуществляющие преобразования совокупности неблагоприятных свойств ландшафтов и факторов, определяющих урожайность сельскохозяйственных культур, с побочным решением других важных экологических и социально-экономических проблем.

Несколько тысячелетий насчитывает применение водных мелиораций. Более 40% мировой продукции сельского хозяйства получают с

орошаемых и осушенных земель. На конец XX в. в мире осушено более 160 млн га, орошается 260 млн га земель сельскохозяйственного назначения. В 60–80-х годах XX в. гидротехнические мелиорации в СССР получили широкое распространение, однако в ущерб другим. Между тем разделение сельскохозяйственных мелиораций на отдельные типы и подтипы условно.

Следуя идеям основоположников конструктивного направления в географии — В. В. Докучаева, А. И. Воейкова, Г. Н. Высоцкого, Г. Ф. Морозова и их последователей — И. П. Герасимова, Д. Л. Арманда, А. М. Алпатьева, В. А. Ковды, А. М. Шульгина, следует говорить о гидротехнических комплексных мелиорациях. В основе их проектирования и работ крупнейших гидротехников-мелиораторов А. Н. Костякова, Б. С. Маслова, И. С. Шатилова, Б. Б. Шумакова, В. В. Шабанова, А. И. Ускова и др. лежит **концепция программированных урожаев,** близкая по своему содержанию к концепции геотехнических систем.

## 13.2. Строение оросительных, оросительно-увлажнительных и осушительных систем

Основная задача **осушительных мелиораций** — удаление избыточной влаги с болот и заболоченных земель. В практике гидромелиоративного проектирования к болотам относят земли, где мощность торфа (перегноя) более 30 см. При мощности торфа менее 30 см — заболоченные земли, а при отсутствии торфа речь идет о минеральных избыточно увлажненных землях. Выбор способа осушения зависит от типа водного питания (табл. 9).

Если заболачивание земель вызывается поверхностными водами, то их осушение сводится к удалению излишка поверхностных вод путем усиления стока или к ограждению осушаемой площади от притока вод извне. При питании низинных и переходных болот и заболоченных земель грунтовыми водами методы осушительных мероприятий направлены на регулирование оттока грунтовых вод и поддержание оптимальной влажности почв, на ограждение от поступающих извне на осушаемый участок грунтовых вод или снижение их напора. В том случае, когда заболачивание происходит за счет нескольких источников, при осушении используется комплекс методов: открытая осушительная сеть, закрытый дренаж, ускорение поверхностного стока, кротовый дренаж, ловчие каналы, глубокое рыхление, рыхление рудякового горизонта и т.д.

**Метод осушения** — это целевая направленность мелиоративных мероприятий, определяющая пути отвода избыточных вод.

В целом используют следующие методы осушения: понижение уров ней грунтовых вод, защита территории от притока вод извне, скоро ние стока, регулирование длительности затопления, усиление филь рации воды в нижележащие горизонты почв и грунтов.

Все осушительные системы принято классифицировать по: 1) сте пени канализации (сеть каналов развитая или разреженная); 2) спо

*Таблица*

**Методы осушения земель***

| Тип водного питания | Методы осушения | |
|---|---|---|
| | основной | дополнительный |
| Атмосферный | Ускорение поверхностного стока | Повышение инфильтрационной и аккумулирующей способности почв и грунтов |
| Грунтовый | Понижение уровней грунтовых вод (ускорение внутреннего стока) | Перехват потока грунтовых вод, уменьшение грунтовой приточности |
| Грунтово-напорный | Понижение уровня напорных вод и уровней грунтовых вод | То же за пределами объекта осушения |
| Склоновый | Перехват на границе объекта склонового поверхностного стока | Уменьшение притока поверхностных вод со стороны |
| Намывной (пойменный) | Ускорение руслового паводкового стока, защита территории от затопления | Разгрузка реки системой мероприятий по регулированию стока |

собу отвода воды (самотечная или с механическим подъемом воды); 3) типам осушительных каналов (открытые и закрытые). Схема осушительной системы с комплексом типовых природоохранных мероприятий показана на рис. 31.

В осушительной системе различают следующие основные части: оградительную, регулирующую и проводящую сети, водоприемник, внутрихозяйственную дорожную сеть. Обратим внимание, что в середине 80-х годов в состав проекта осушительной системы стали включать небольшие водохранилища, рекреационные зоны на их берегах, пруды для любительского лова рыбы, системы водооборота дренаж-

---

* См.:*Маслов Б. С., Минаев И. В., Губер К. В.* Справочник по мелиорации. М., 1989.

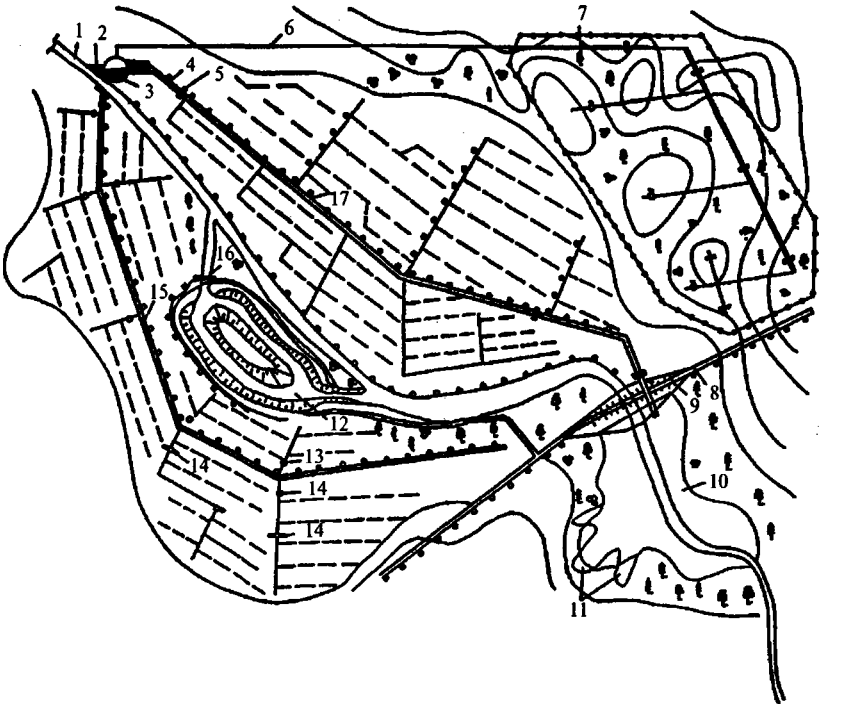



**Рис. 31.** *Осушительная система с комплексом типовых природоохранных мероприятий:*

1 — река; 2 — водосборное сооружение; 3 — насосная станция; 4 — магистральный канал дренажной системы; 5 — подпорное сооружение; 6 — напорный трубопровод; 7 — неполный водооборот с использованием малопродуктивных земель; 8 — дорога; 9 — плотина; 10 — водохранилище; 11 — земли, защищаемые от подтопления, с организацией на них зоны рекреации; 12 — пруд для любительского рыболовства с зимовальной ямой (бывшая старица); 13 — система водооборота дренажного стока с помощью коллекторов-накопителей; 14 — система водооборота дренажного стока с помощью колодцев-накопителей; 15 — магистральный канал системы с водооборотом в пределах поля; 16 — водовыпускное сооружение; 17 — лесные полосы

ного стока с помощью коллекторов-накопителей и колодцев-накопителей с механизмами очистки вод, лесные полосы.

Важнейшими эколого-гидротехническими характеристиками осушительных систем выступают норма осушения и расстояние между открытыми собирателями, от которых во многом зависит как эффективность дренажа, так и степень влияния системы на окружающие ландшафты.

Нормой осушения условно считается глубина уровня грунтовых вод на середине между двумя осушителями, при которой создаются оптимальные условия для определенной сельскохозяйственной куль-

туры в данный период ее развития. Эта величина переменная и зави
сит от механического состава почв, вида и фазы развития выращив
емых сельскохозяйственных культур. В табл. 10 в качестве примера при
ведены нормы осушения для полевых культур и трав (на сено) дл
торфяников, минеральных тяжелых и легких почв.

*Таблица 1*

**Нормы осушения в Нечерноземной зоне, см**

| Период | Овощные, технические и зерновые культуры | Многолетние травы |
|---|---|---|
| Торфяники, мощностью более 60 см | | |
| Предпосевной | 55–65 | 45–55 |
| Посевной | 65–75 | 55–65 |
| Вегетационный | 90–120 | 65–85 |
| Минеральные почвы (глины, суглинки) | | |
| Предпосевной | 60–70 | 50–60 |
| Посевной | 70–80 | 60–70 |
| Вегетационный | 100–130 | 80–100 |
| Минеральные почвы (пески, супеси) | | |
| Предпосевной | 45 — 55 | 40 — 50 |
| Посевной | 55 — 65 | 50 — 60 |
| Вегетационный | 80 — 100 | 70 — 90 |

На засоленных почвах и при наличии минерализованных грунто
вых вод вместо нормы осушения используется показатель **критичес
кой глубины залегания грунтовых вод.** Это глубина, при которой не
происходит засоления почвы, так как капиллярный подъем воды в
почву, несущий соли со стороны грунтовых вод, минимальный. Кри
тическая глубина больше нормы осушения и обычно в лесостепной и
степной зонах равна 0,9–1,8 м.

Осушительная сеть проектируется таким образом, чтобы она мог
ла обеспечить любую необходимую норму осушения и создавать усло
вия для своевременного начала весенних полевых работ. Основные
параметры осушительной системы — расстояние между каналами, их
длина и глубина. Конкретные приемы расчета характеристик осуши
тельных систем приведены в «Справочнике по мелиорации» (1989).

## Осушительно-увлажнительные системы

Исследование динамики запасов почвенной влаги под различны
ми сельскохозяйственными культурами за вегетационный период
показывает, что на европейской территории России южнее линии

Брянск — Калуга — Владимир — Нижний Новгород — Ижевск необходимо создание **осушительно-увлажнительных систем.** Основными факторами, обусловливающими потребность в периодическом орошении осушенных болот, выступают три.

- *Во-первых*, внутригодовая и годовая изменчивость режима атмосферного увлажнения, чередование засушливых и острозасушливых лет.
- *Во-вторых*, превышение суммарного испарения над осадками в теплый период, имеющее место не только в засушливые, но и в средние по климатическим условиям годы.
- *В-третьих*, понижение уровня грунтовых вод в летние месяцы на глубину, при которой вследствие небольшой высоты капиллярного поднятия воды в торфе интенсивность подпитывания корнеобитаемого слоя грунтовыми водами не перекрывает интенсивности расходования влаги из этого слоя на суммарное испарение.

Практика освоения болот и заболоченных земель в зоне с неустойчивым увлажнением показала, что их осушение должно осуществляться по принципу двустороннего регулирования водно-воздушного режима почв. Оно достигается путем проведения мероприятий, сочетающих осушение и орошение, т.е. строительства осушительных систем двустороннего действия (рис. 32).

В зависимости от природных условий и хозяйственного использования осушаемых болот в зоне неустойчивого увлажнения могут проектироваться следующие мелиоративные системы: а) осушительно-увлажнительные, предусматривающие полное двустороннее регулирование водного режима почв с подачей воды извне; б) осушительные, обеспечивающие частичное регулирование водного режима почвы с проведением увлажнения только за счет местного стока; в) осушительные одностороннего действия, обеспечивающие только сброс избыточных поверхностных и грунтовых вод с осушаемой территории.

Мероприятия по увлажнению осушенных земель подразделяются на *предупредительные* и *увлажнительные*. На системах, относящихся к типу «в», используются только предупредительные мероприятия, которые включают шлюзование в период спада вод весеннего паводка и заградительные устройства на осушаемых площадях лиманов. Это позволяет тормозить быстрое снижение почвенных и грунтовых вод.

На мелиоративных системах «а» и «б» типов проектируют подземные и поверхностные способы увлажнения. Подземное увлажнение заключается в подаче воды из открытых каналов осушительной сети посредством шлюзов, кротового и трубчатого дренажа, специальных подводящих каналов-водоводов. Шлюзы строятся на водоприемниках или магистральных каналах. При необходимости шлюзы закрывают, уровень воды в магистральных каналах поднимается, и за счет фильт-

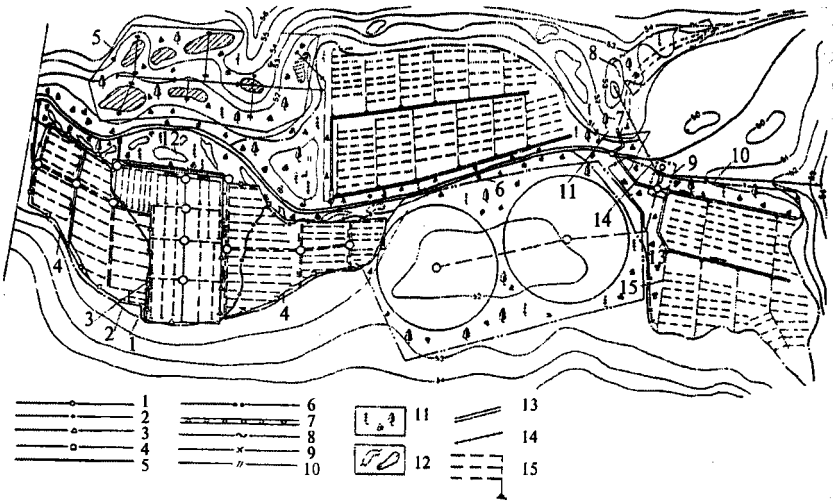


**Рис. 32.** Мелиоративная система с комплексом типовых природоохранных мероприятий:

1 — граница мелкозалежного торфяника; 2 — граница торфяной залежи; 3 — система водооборота дренажного стока с помощью коллекторов-накопителей; 4 — система водооборота дренажного стока с помощью колодцев-накопителей; 5 — система неполного водооборота с использованием малопродуктивных земель; 6 — лесные посадки при орошении дождевальной машиной «Фрегат»; 7 — инфильтрационные каналы по контуру водохранилища; 8 — защита земель от подтопления с организацией зоны рекреации; 9 — аэрационная установка для дренажных вод; 10 — лесные полосы, создаваемые при проведении культуртехнических работ; 11 — лесо-кустарниковые посадки и естественные кустарниковые заросли: 12 — песчаные всхолмления и понижения; 13 — каналы; 14 — плотина и дамба обвалования водохранилища; 15 — коллектор с оголовком и присоединенными дренами

рации воды повышается уровень грунтовых вод на осушенном массиве. Для задержания воды в закрытой дренажной сети устраиваются колодцы-регуляторы, в которых при помощи специальных щитов или заслонок перекрывается водный поток и уровень дренажных вод поднимается на нужную высоту. Увлажнительное шлюзование — прием довольно примитивный. Его следует сочетать с поверхностным орошением, которое осуществляется напуском по полосам, бороздам и с помощью дождевания. Подробнее о способах орошения и технике полива будет сказано ниже.

## Польдерные мелиоративные системы

Они относятся как к осушительным, так и к осушительно-увлажнительным. По отношению к водоприемникам они подразделяются на *приморские* (защита территории от затопления морем), *пойменные*

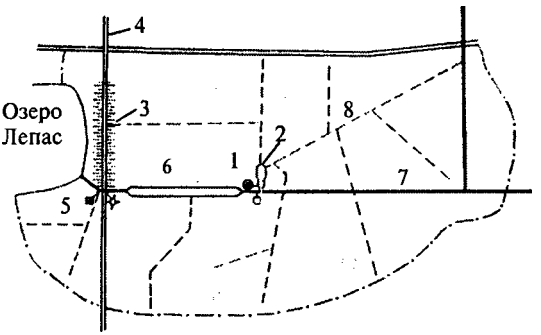



**Рис. 33.** Схема приозерного польдера Ленас:

1 — насосная станция; 2 — регулирующий бассейн; 3 — защитная дамба; 4 — дорога; 5 — подпорный шлюз; 6 — отстойник; 7 — нагорно-ловчий канал; 8 — дренажно-коллекторная сеть

(создаются в поймах и дельтах рек) и *низинные* (приозерные, противоводохранилищные — на мелководных и периодического затопления зонах водохранилищ).

Наиболее распространенными являются незатопляемые польдеры сельскохозяйственного назначения. Затопляемые польдеры совмещают интересы сельского и рыбного хозяйства.

Польдерная система представляет собой совокупность гидротехнических элементов, включающих дренажную сеть, сооружения для сброса воды, оградительные (защитные) дамбы. Польдерная система может быть с машинным подъемом воды или самотечной. В качестве примера приведена схема приозерного польдера Ленас в Литве (рис. 33). Основные ее элементы: насосная станция, защитная дамба, отстойник, нагорно-ловчий канал, дренажно-коллекторная сеть.

В связи с необходимостью рационально использовать водные ресурсы на польдерах и осушительно-увлажнительных системах создаются водооборотные системы. Они позволяют многократно использовать воды без сброса в транзитные водоприемники. Водооборотная осушительно-увлажнительная система включает в себя два водоема-накопителя (рис. 34). Один — в нижней части магистрального канала для сбора дренажного стока и второй — в верхней части системы, куда собранный дренажный сток из нижнего водоема подается насосной станцией по напорному трубопроводу. Нижний пруд-накопитель проектируют в наиболее пониженной части системы, верхний — на высоких гипсометрических уровнях с тем, чтобы обеспечить самотечную подачу воды в увлажнительную сеть. Нередко верхний пруд-накопитель приходится ограничивать дамбами.

***Основные требования, предъявляемые к воде для орошения:*** она должна быть по качеству пригодной для питания сельскохозяйствен-

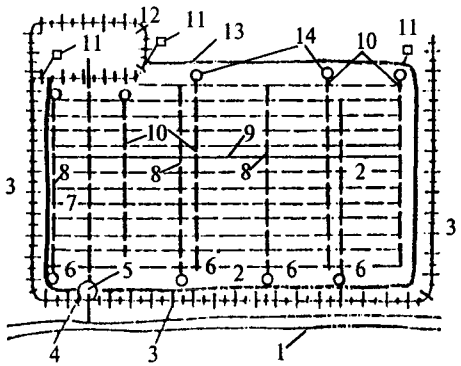



**Рис. 34.** Водооборотная система:
1 — водоприемник; 2 — магистральный капал; 3 — дамбы; 4 — насосная станция; 5 — аккумулирующая емкость; 6 — колодцы-регуляторы; 7 — напорный трубопровод; 8 — коллекторы; 9 — дрены-увлажнители; 10 — увлажнительные распределители; 11 — шлюзы-регуляторы; 12 — наливной водоем; 13 — подводящий канал; 14 — водоприемные колодцы

ных культур; запасы и расходы ее в водоисточнике должны удовлетворять потребностям растений в воде в установленные сроки расчетной обеспеченности; водоисточник должен располагаться вблизи орошаемого массива, определяя наименьшие капитальные и эксплуатационные затраты. Исключение может быть в том случае, когда по соображениям экологической безопасности или целесообразности приоритет может быть отдан более дальним водозаборам.

Основная задача **оросительных мелиораций** — обеспечение необходимого водно-воздушного, теплового и питательного режимов почв на территориях, испытывающих недостаток влаги.

Оросительные мелиорации классифицируют по трем основным признакам:

- времени действия;
- способу проведения;
- цели орошения.

*По времени действия выделяется*: а) регулярно действующее орошение (самотечное или с механическим водоподъемом); б) однократно действующие — паводковое и лиманное орошение. *По способу проведения* орошение делится на: а) распределение воды по поверхности почвы (поверхностный полив по бороздам, полосам или путем затопления отдельных участков); б) распыление воды в воздухе при помощи дождевальных установок, увлажняющих не только почву, но и растения и приземный слой воздуха; в) подпочвенное орошение путем подачи воды по дренам.

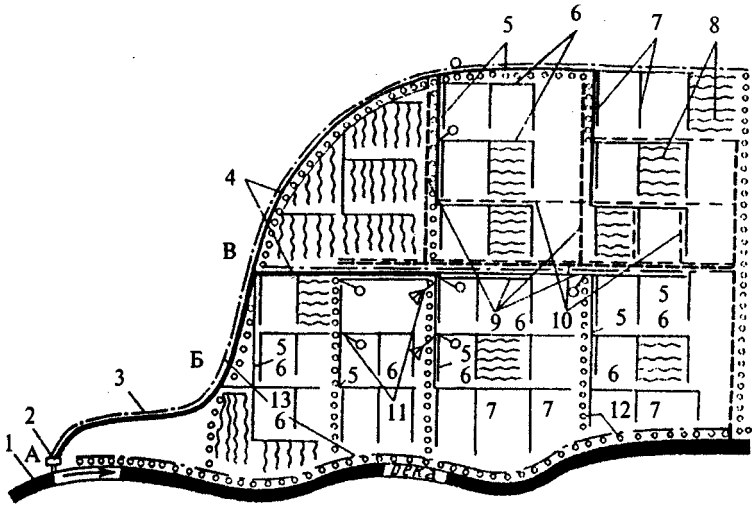



**Рис. 35.** Оросительная система:

1 — источник орошения; 2 — головное сооружение; 3 — магистральный канал (АБ — холостая часть, БВ — рабочая часть); 4 — межхозяйственные распределители; 5 — хозяйственные распределители; 6, 7 — распределители участков; 8 — временные оросители; 9 — водозаборная сеть; 10 — дороги; 11 — арматура оросительной сети; 12 — полезащитные полосы; 13 — вспомогательные устройства

Кроме увлажнительного орошения, широко распространены специальные виды, которые имеют узкоцелевое назначение. Среди них наиболее известны: а) *удобрительное орошение*, имеющее целью снабжение почвы и растений растворенными в воде питательными веществами; б) *сточные воды*; в) *почвоочищающее (дезинфекционное) орошение*, цель которого очистить почву от избыточных солей в почве и от вредителей растений; г) *окислительное орошение*, проводимое для окисления и заиления осушенных ранее заболоченных почв речными водами; д) *отепли-тельное орошение* водой, особо эффективное при борьбе с заморозками и удлиняющее вегетационный период; е) *освежительное орошение*, осуществляемое при помощи дождевальных машин и предназначенное для повышения влажности почв и приземного слоя воздуха, в результате чего возрастают затраты тепла на испарение и снижаются затраты энергии на турбулентный теплообмен между поверхностью почвы и атмосферой, что приводит к снижению температуры воздуха на 2–5°.

Оросительная система представляет собой комплекс сооружений, подающий воду на поля в необходимое время и в нужном объеме. Постоянно действующая оросительная система состоит из следующих элементов (рис. 35):

1. Водоисточника.
2. Водозаборного (головного) сооружения.

3. Магистрального канала или трубопровода.
4. Распределительных проводящих каналов или трубопроводов.
5. Временной поливной сети и техники полива.
6. Водоотводящей (коллекторно-дренажной) сети.
7. Внутридорожной сети.
8. Полезащитных лесных полос.
9. Очистных сооружений дренажного стока и др.

Режим орошения включает сроки, количество и норму поливов. По срокам поливы подразделяют на вегетационные, вневегетационные и специального назначения. Количество воды, подаваемой на поля, определяется оросительной и поливной нормами. Оросительная норма $M$ (м$^3$/га) — количество воды, которое необходимо подавать на 1 га орошаемой площади за оросительный период, чтобы получить проектную урожайность. $M = T - X - W - G$, где $T$ — водопотребление, $X$ — используемые осадки расчетной обеспеченности за вегетационный период, $W$ — используемый запас влаги из почвы, $G$ — объем воды, поступающей из грунтовых вод. Поливная норма характеризуется количеством воды, подаваемой на 1 га орошаемой площади за один полив. Сумма поливных норм равна оросительной норме.

Орошение должно создавать для каждой сельскохозяйственной культуры, которая имеет свое удельное водопотребление (количество воды в г, необходимое для создания одного грамма сухого органического вещества), в конкретных условиях оптимальный водный, воздушный и пищевой режимы почвы. Поэтому важное значение имеют физиологические свойства растения, почвенные и погодные условия.

## 13.3. Пространственно-временная организация зон влияния осушительных систем

Принципиальная схема изменений природно-территориальных комплексов под влиянием осушения показана на рис. 36.

**Осушение** есть уничтожение гидроморфных комплексов, лесной и кустарниковой растительности, нивелировка местных локальных природных различий путем прокладки дренажа, проведения культуртехнических работ, известкования, внесения минеральных и органических удобрений.

Это приводит к формированию антропогенного ландшафта с присущими ему процессами мелиоративной эрозии, дефляции, минерализации и сработки торфяной залежи, уплотнения почвы, перестройки орнитофауны и др. При этом появляются новые свойства ландшафта: увеличение пожарной опасности, уменьшение продолжительности

**Рис. 36.** Схема изменений в ПТК под влиянием осушений

безморозного периода и снижение температур воздуха и на поверхности почвы ночью, сокращение и даже исчезновение некоторых видов естественной фауны.

Влияние осушения происходит через поверхностные и грунтовые воды (дренажный сток). **Гидрологическое влияние** изучено достаточно подробно на примере Полесья. Осушение способствует увеличению годового стока в пределах точности гидрометеорологических исследований, достоверно в первые годы, за счет сработки «вековых» запасов болотных вод. В период интенсивной вегетации растений сток снижается. Максимальный весенний сток возрастает, но максимальный сток малой обеспеченности снижается. Минимальный сток после осушения возрастает в 1,7–3,8 раза; увеличивается и летний меженный сток. В целом внутригодовое распределение стока становится более равномерным.

Размер зоны **гидрогеологического влияния** определяется: глубиной дренажа, расстоянием между дренами регулирующей и проводящей сетей, типом регулирования, литологическим составом пород, мощностью водоносного горизонта, уклонами рельефа, сезонными погодными условиями и др. Ширина зоны влияния может составлять от нескольких десятков метров до 3–6 км.

Снижение уровня грунтовых вод определяет две цепочки причинно-следственных связей: одна проявляется в изменении ландшафтно-геохимических условий, почвенного и растительного покрова; другая связана со снижением затрат тепла на физическое испарение, изменениями в структуре радиационного и теплового балансов, что наряду с альбедо деятельной поверхности формирует новый микроклимат.

**Микроклиматический эффект** осушения наиболее ярко проявляется в изменении температуры на поверхности почвы. В летнее время на осушенном болоте в дневные часы температура поверхности почвы обычно на 2–5 °С выше, чем на болоте. Осушение приводит к росту суточной амплитуды температуры в разные сезоны года от 2,5 до 6,5 °С. Значения минимальных температуры на поверхности почвы снижаются на 1–3°. Выравнивание рельефа после осушения и проведения культуртехнических работ снижают шероховатость поверхности и приводят к увеличению скорости ветра по сравнению с неосушенным болотом в дневные часы на 1–1,2 м/с.

Удаление кустарников и сглаживание полей приводят к значительному перераспределению снежного покрова и его метелевому переносу. Основная часть осушенных земель, за исключением пограничных зон с лесами, имеет запас влаги на 10–15% меньше средних фоновых значений. Осушение приводит к большей глубине промерзания осушенного торфяника, на 20–30 см, что характерно для условий Карелии, Полесья, Смоленской области и Мещеры. Таким образом с осушением связано появление новых устойчивых черт в режимах тепла и влаги, в микроклимате прилегающей территории, наиболее ярко — на массивах осушения площадью более 500 га.

**Ландшафтно-геохимические аспекты воздействия осушительных систем на прилегающую территорию.** И. А. Авессаломовой разработана принципиальная схема перестройки геохимических ландшафтов при осушении (рис. 37). *Задачи проектирования* заключаются в следующем.

*Первая* — оценка плодородия осушенных земель с позиций геохимических факторов урожая и норм внесения минеральных удобрений. Сложность ее решения заключается в том, что процессы, протекающие на осушительной системе, противоречивы. С одной стороны, в результате осушения происходит перестройка гидроморфного ряда почв в автоморфный, усиление в них зональных процессов, что приводит к формированию более плодородных почв. С другой стороны, при трансформации осушенных почв, сработке торфа и выносе химических элементов

**Рис. 37.** Схема техногенной перестройки геохимических ландшафтов

с урожаем наблюдается отрицательный баланс органического вещества, несбалансированность круговорота зольных элементов.

*Вторая* — расчет потерь питательных элементов с однонаправленным дренажным стоком и оценка возможной «химической» эрозии. Уничтожение или сокращение природных геохимических и биологических барьеров (низинных болот) способствует выносу химических элементов из ландшафта. Потенциально это является предпосылкой для снижения качества вод и загрязнения, что создает условия евтрофирования водоемов и снижения рыбопродуктивности.

*Третья* задача — расчет качества дренажных вод и качества поверхностных вод местных рек и озер.

Результаты исследований в Мещере позволили установить основные черты ландшафтно-геохимических изменений. Результатом интенсификации биологического круговорота элементов лугово-болотных супераквальных ландшафтов явилось увеличение содержания подвижных форм элементов в почве. В верхних горизонтах мелиорированных почв растет содержание подвижного N и P по сравнению с торфами низинных болот. Это свидетельствует об улучшении обеспеченности ландшафтов элементами питания растений. Под культурными лугами резко увеличивается азот нитратов по сравнению с аммонийным. В пахотном горизонте он может возрастать в 20 раз, тогда как соотношение между этими формами в низинных болотах противоположно.

Другой аспект функционирования осушительной системы, связанный с интенсификацией бика, — изменение состава вод супераквальных ландшафтов по сравнению с исходным. Наблюдается увеличение минерализации грунтовых вод лугово-болотных агроландшафтов, интенсивности водной миграции Ca, Cl, снижение содержания $C_{орг}$ и общего азота. Многие биогенные элементы мигрируют в составе органических соединений.

Новым признаком осушенных почв и на прилегающей территории является их окислительно-восстановительная вертикальная зональность. В верхней части профиля до 20–35 см формируются окислительные условия; Eh возрастает до 360–430 мВ. Далее преобладают восстановительные условия. На контакте обстановок возникает площадной кислородный барьер. В зоне закрытого дренажа при выходе глеевых вод из труб возникают локальные кислородные барьеры.

Интегральным показателем последствий геохимической перестройки ландшафтов выступает сток дренажных канав. Эти воды в лесной зоне чаще всего относятся к гидрокарбонатно-кальциевым; они минерализованы. Характерен вынос Ca, Cl, сульфат-иона и соединений азота. Потеря вещества с дренажным стоком относится к отрицательным последствиям функционирования осушительных систем. В районах с обилием озер, которые принимают дренажный сток, снижается рыбопродуктивность и возникают благоприятные условия для евтрофирования.

## Структура зоны влияния осушительных систем

В зоне гидрогеологического влияния спустя 10–15 лет после их создания четко обозначаются две подзоны: *структурной перестройки компонентов ПТК и подзона количественных изменений;* вторая подзона иногда мелкоконтурна и фрагментарна. В пределах подзон влияния прослеживаются пояса увеличения и снижения биологической продукции ландшафта.

Конкретные значения вертикальных и горизонтальных границ подзон и поясов влияния носят региональный характер. Все типы леса в зоне влияния осушительной системы следует разделить на три группы: избыточно увлажненные до создания дренажа, где глубина грунтовых вод за вегетационный период обычно менее 0,6 м (для почв легкого механического состава); произрастающие в оптимальных условиях атмосферно-грунтового увлажнения (глубина грунтовых вод 0,7–1,2 м) и леса, испытывающие периодический недостаток влаги (уровень грунтовых вод летом может быть до 2 м и более).

В качестве примера реакции древесного яруса на понижение уровня грунтовых вод в пределах подзоны структурной перестройки ПТК в табл. 11 приведены результаты исследований в Мещерской низменности в зоне влияния Вожской осушительной системы площадью около 700 га.

*Таблица 11*

**Границы поясов влияния Вожской осушительной системы на древесный ярус**

| Пояс влияния | Господствующие типы леса | Превышение над уровнем осушенного болота, м | Расстояние от дренажа, м | Изменение прироста за 10 лет |
|---|---|---|---|---|
| Положительное | Сосняки черничные-зеленомошные | 0,4–1,1 | до 120 | 1,30–1,40 |
| | Ельники-кисличники и черничные-зеленомошные | до 0,65 | до 120 м | 1,13 |
| Отрицательное | Сосняки-зеленомошники | до 0,75–2,3 | до 220 | 0,80–0,95 |
| | Ельники кисличные-зеленомошные | 1,0–1,6 | до 150 | 0,70 |

Четыре принципиальных вывода следуют из анализа динамики прироста деревьев, относящихся к зоне влияния осушительной системы.

1. Граница положительного и отрицательного влияния зависит от типа леса; ареал влияния больше в сосновых лесах, чем

еловых, так как ель имеет поверхностную корневую систему. На отметках свыше 1,7 над дренажем такого влияния не прослежено. Снижение прироста в сосняках обнаружено до 2,5 м.

2. Спустя 12–15 лет после создания осушительной системы ослабевает ее влияние на прирост из-за ее «дряхления» и роста придаточных корней. Растения приспосабливаются к новому уровню почвенно-грунтовых вод.
3. Влияние осушения проявляется на фоне сезонных и многолетних колебаний метеорологических условий. В засушливые годы для условий Полесья, Мещерской низменности ареал отрицательного воздействия больше, чем во влажные и умеренно теплые годы.
4. Ширина зоны гидрогеологического влияния на продуктивность лесов на Вожской системе составила 160–250 м. Площадь влияния 450 — 500 га, или около 70% к площади осушенных болот.

Влияние осушения на луговые комплексы требует длительных стационарных наблюдений за их видовым составом и продукцией фитомассы. Сравнительный анализ видового состава и продукции лугов на разных гипсометрических уровнях (от низинных болот до суходольных лугов) попарно, когда одна из групп расположена в предполагаемой зоне влияния, а другая вне ее, позволил сделать региональные выводы для Мещерской низменности, которые можно экстраполировать на Полесский род ландшафтов.

1. Размер зоны влияния носит пульсирующий характер. Она больше в сухие годы.

2. Знак влияния на продуктивность дифференцирован по высотным уровням. В целом снижение продуктивности лугов за 15 лет составило 20%. В наибольшей степени снижение фитопродукции происходит на мезофильных лугах, где глубина вод до осушения была 0,2–0,6 м, а в настоящее время — 0,4–1,0 м.

3. Выявлена четкая дифференциация знака влияния по годам в пределах одного гипсометрического уровня.

4. Изменения в видовом составе лугов в зоне влияния осушительной системы свидетельствовали о заболачивании лугов спустя 15 лет после ее создания, что связано с «дряхлением» системы. На это указывает динамика прироста древесного яруса. После реконструкции Вожской системы в середине 80-х годов вновь проявилась тенденция к их ксерофитизации.

**Вопрос о взаимоотношении птиц и осушительной мелиорации** имеет важное практическое значение. В мире известно свыше 5 тыс. видов насекомых, приносящих вред сельскому хозяйству. Потери урожая от вредителей достигают 20%. Использование птиц как биологического, экологически чистого средства борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур имеет преимущество прежде всего из-за своей дешевизны и относительно высокой эффективности.

В настоящее время человечество теряет ежегодно один вид птиц. Основная причина — осушение. В Германии, например, 88% видов птиц, находящихся на грани исчезновения, — представители влажных биотопов. Для Мещерской низменности эта цифра составляет 86%. По Д. М. Очагову, в результате мелиорации птицы испытывают на себе влияние (в целом негативное) следующих факторов: понижение уровня грунтовых вод, изменение рельефа земной поверхности и растительного покрова; усиление фактора беспокойства в репродуктивный период; проведение механизированных сельскохозяйственных работ и выпаса скота; применение минеральных удобрений; использование пестицидов.

Видовое разнообразие гнездящихся птиц можно рассматривать как индикатор устойчивости ландшафтов. Это возможно при сохранении в пределах массивов осушения небольших по площади (0,3–0,5 га) озер, заболоченных территорий, лесов и создании лесных полос и кустарниковых насаждений. Сохранение разнообразия биотопов позволяет существенным образом предотвратить негативные последствия осушения. В этом случае снижается численность отдельных видов, а число видов остается прежним.

При проектировании осушительных систем на уровне ОВОС необходимо определить размеры зон влияния и направленность процессов. Размеры поясов и подзон влияния определяются совокупностью физико-географических условий, важнейшими из которых выступают три:

- глубина дренажа, огранительных (ловчих) каналов;
- угол наклона рельефа местности;
- механический состав почвообразующих пород.

По совокупности указанных свойств выделяются четыре вида зон влияния с подвидами (табл. 12).

Вид I формируется в том случае, когда распространение влияния лимитировано двумя или тремя факторами. Зона влияния очень узкая, обычно 30–50 м. Характерна для водораздельных систем средней и южной подзон тайги; для увалистых суглинистых моренных равнин, водно-ледниковых равнин, перекрытых чехлом покровных суглинков; холмисто-моренных равнин с камами и озами.

Формирование зоны II вида характерно для ландшафтов моренных водно-ледниковых песчаных и супесчаных равнин, долинно-зандровых равнин, ландшафтов пойм рек и древнеаллювиальных равнин. В зависимости от лимитирующего фактора выделены три подзоны.

Для ландшафтов плоских зандровых водно-ледниковых, зандровых древнеаллювиальных, плоских вторичных супесчаных моренных равнин характерен III вид зоны влияния. В случае когда территория сложена песками или супесями, склоны пологие и глубина дренажа 1,5–2,5 м, ширина зоны влияния может достигать 1–1,2 км.

Если в одном речном бассейне создано несколько осушительных систем или наблюдается взаимодействие двух или нескольких систем в смежных бассейнах, формируется обширная (до 3–6 км) зона вли-

*Таблица 12*

**Виды и подвиды зон влияния осушительных систем**

| Название, размер, м | Лимитирующие факторы | Состав подзон и поясов | Скорость процесса | Отношение площади влияния к осушенной |
|---|---|---|---|---|
| I. Очень узкая, до 50 м | Уклоны > 0,01; глубина дренажа < 1,2 Механический состав пород | Слабая дифференциация на пояса, основной пояс положительного влияния | Малая | 0,03–0,10 |
| II. Узкая, средняя, до 300 м | IIа. Уклон > 0,01 | Четкая дифференциация на укороченные подзоны и пояса | Большая | 0,05–0,20 |
| | IIб. Механический состав — суглинки | Четкая дифференциация на подзоны и пояса | Малая и средняя | 0,20–0,80 |
| | IIв. Глубина дренажа < 1,2 | То же с небольшим поясом отрицательного влияния | Средняя и большая | 0,30–0,50 |
| III. Широкая, 0,5–1,2 км | Условно нет | Полный набор подзон и поясов влияния | Большая | 0,5–1,00 |
| IV. Обширная, до 3–6 км | Условно нет | Разорванные и сомкнутые ареалы подзон и поясов, взаимодействие смежных систем | Большая | 0,9–3,00 |

яния, а изменения касаются ПТК ранга ландшафта и даже провинции. Это IV вид зоны влияния.

## 13.4. Экологические последствия оросительных мелиораций*

Орошение, как и крупные водохранилища, вносит глубокие изменения в свойства ландшафтов и водных объектов на значительных территориях. Оно влияет на **режим и объем стока рек,** так как связано

* В основу написания раздела положены работы Г. И. Андреева, Н. Ф. Глазовского, В. В. Егорова, В. А. Ковды, Н. Г. Минашиной и др.

с изъятием поверхностных и грунтовых вод. Классическим примером выступают реки Амударья и Сырдарья, которые до начала периода интенсивного орошения выносили в Аральское море 56 км³ воды ежегодно, а к концу 80-х годов сток не превышал 10 км³, причем в некоторые годы практически полностью вода разбиралась на орошение.

Следствием этого стало сокращение площади Аральского моря с 66,5 тыс. км² в 1960 г. до 37 тыс. км² к 1987 г. За этот период уровень моря упал на 14 м. Причины и сущность Аральской экологической катастрофы проанализированы Н. Ф. Глазовским (1991).

Орошение формирует новую гидрографическую сеть. Так, протяженность оросительных систем в СССР достигала 700 тыс. км, а длина коллекторно-дренажной сети в аридной зоне — около 200 тыс. км, что в 10–15 раз больше длины основных рек этой зоны. В результате сброса дренажных вод образовались новые обширные водоемы — озера Сарыкамыш, Айдаркуль и др. На «рукотворных» озерах предполагалось создать интенсивное рыбное хозяйство, но высокое содержание пестицидов и минеральных удобрений в водах делают невозможным развитие этой отрасли.

**Интрузии морских вод в эстуариях.** Зарегулирование и уменьшение стока рек вызывает интрузию морских вод в эстуарии. Этот процесс характерен, например, для Днепровского лимана — устья Днепра. В результате происходит засоление грунтовых вод и почв дельты, повышается содержание в них ионов хлора и натрия.

**Изменение климата.** Орошение приводит к перестройке структуры теплового баланса. Возрастают затраты тепла на суммарное испарение, которое нередко превосходит энергетические ресурсы региона (затраты тепла на испарение больше величины радиационного баланса). Компенсация энергии осуществляется за счет адвективного фактора. В результате в летнее время температура воздуха понижается на 2–4°, а относительная влажность воздуха возрастает на 10–20%. Специфика местного климата оазисов была изучена еще в середине XX в. С. А. Сапожниковой.

**Изменение уровня грунтовых вод, вторичное засоление и осолонцевание почв.** Проекты строительства оросительных систем нередко не предусматривали создание коллекторно-дренажной сети, из-за чего повышение уровня грунтовых вод — типичное явление на массивах орошения и прилегающих территориях. В наибольшей степени этот процесс развит в Узбекистане, Туркмении, на юге Украины, а в РФ — в низовьях Дона, на Северном Кавказе.

Наибольшую тревогу вызывает состояние черноземов в районах орошаемого земледелия. Опыт эксплуатации крупных оросительных систем показал, что в результате потерь воды на фильтрацию из земляных каналов, распределителей и временных оросителей происходит подъем уровня грунтовых вод со скоростью 3–4 м/год. Растениями используется лишь 15–20% количества воды, которое забирается

в головных частях оросительной системы. При орошении черноземов исходный автоморфный непромывной водный режим сменяется полуавтоморфным промывным при глубине грунтовых вод 2,5–5 м и даже гидроморфным при глубине 1,0–2,5 м. В районах, где в подстилающей четвертичной толще имеются погребенные солевые прослои, соли постепенно подтягиваются к поверхности и засоляют верхние горизонты.

Хотя по мнению ведущих почвоведов массового вторичного засоления в РФ при орошении не существует, однако настораживают многочисленные случаи локального вторичного засоления почв, которые связаны с различными местными факторами: использованием для полива минерализованных вод, слабой естественной дренированностью почвенно-грунтовой толщи, наличием линз солей и т.д. Вторичное засоление черноземов зафиксировано на юге Украины, в Ростовской и Волгоградской областях, в Ставропольском и Краснодарском краях.

В качестве важной предупредительной меры против вторичного засоления является расчет при проектировании *критического уровня грунтовых вод* (КУГВ), который был предложен Б. Б. Полыновым. Это глубина залегания грунтовых вод, при которой начинается процесс засоления верхних горизонтов почвы, к которым приурочен корнеобитаемый слой растений. Накопление солей приводит к их гибели. Значение КУГВ — функция механического состава пород, который определяет высоту капиллярного поднятия, климатических условий, исходной минерализации поливной воды. Как правило, это глубина 2–2,5 м, а для лессовидных средних и тяжелых суглинков она возрастает до 3–4 м. С ростом минерализации вод для полива КУГВ также возрастает. Стадии развития вторичного засоления рассмотрены В. А. Ковдой.

В случае когда в оросительных водах в значительных количествах присутствуют бикарбонаты натрия, может происходить осолонцевание почв.

Применение удобрений на орошаемых землях и широкое использование различных гербицидов и дефолиантов (до 54 кг/га) приводит к загрязнению почв, формирует химический состав дренажного стока. Повторное использование этих вод без предварительной очистки, как правило, невозможно.

**Изменение запасов гумуса и физических свойств почв.** На орошаемых черноземах запасы гумуса после 20–30-летней их интенсивной эксплуатации сокращаются на 20–30%. Происходит увеличение подвижности гумуса и меняется соотношение гуминовых и фульвокислот в сторону роста доли последних. Снижается окислительно-восстановительный потенциал почв.

При орошении каштановых почв наблюдаются два разнонаправленных процесса. Увеличение поступления мертвой органики способствует увеличению запасов гумуса, а активная деятельность макрофлоры вызывает более ускоренную минерализацию органического

вещества. По данным Г. Г. Бабаева, в Азербайджане в сероземно-луговых темных почвах за 20–25 лет орошения содержание гумуса снизилось с 3–3,5 до 1–2%.

При поливах черноземов их структура приобретает пылеватое строение. На поверхности после просыхания образуется плотная слитая корка. Процесс слитообразования сказывается на газовом режиме черноземов; в первую очередь происходит возрастание парциального давления углекислого газа и нарушение карбонатного равновесия. В пахотном и подпахотном горизонтах почвы становятся глыбистыми, происходит изменение агрегированности, разрушаются наиболее агрономически ценные агрегаты, возрастает объемный вес верхних горизонтов и меняется общая пористость на 5–10%.

Вблизи каналов происходят глубокие преобразования в растительном покрове и особенно животном мире. Наблюдается замена псаммофильной растительности гидрофитной и фреатофитной. Наблюдается заметное увеличение продукции наземной фитомассы. Так, в зоне влияния Каракумского канала прирост наземной фитомассы увеличился в 17 раз (Л. М. Граве). При распашке и обводнении земель в аридных районах Средней Азии исчезает пятнистый полоз, тушканчики Северцова и малый, корсак, серый ворон, длинноногий еж, резко сокращается численность черепахи, гребнепалого геккона и линейчатой ящурки. Снижается численность, но возрастает плотность животного населения на нераспаханных участках. Однако наибольшие изменения происходит в результате осушения дельт рек, в частности Амударьи.

В связи с возрастающими объемами проведения оросительных мелиораций в мире экологические последствия от них носят уже не локальный и даже не столько региональный, как крупномасштабный характер.

## 13.5. Специфика оценки воздействия мелиоративных систем

Наша страна имеет многолетний опыт проведения гидротехнических мелиораций. Их пик пришелся на конец 60-х — середину 80-х годов XX в. Однако обоснование проектов водной мелиорации, качество водохозяйственного строительства и эксплуатация мелиоративных систем имели часто серьезные принципиальные недостатки, вследствие чего окупаемости финансовых средств не наблюдалось. Перефразируя довольно точное выражение географа В. И. Булатова, следует отметить, что мелиорация как тип геосоциальной деятельности с ее затратностью, гигантизмом и отсутствием альтернативных проработок можно рассматривать как дорого оплаченный негативный опыт-эксперимент, проводившийся в Советском Союзе во второй половине XX в.

На этих просчетах следует остановиться, поскольку они в большинстве своем касаются сущности и качества раздела ОВОС и в настоящее время.

1. Ошибочная методология расчета экономической эффективности, когда расчет валовой продукции велся не по отношению к дополнительно собранному урожаю (в сравнении с естественными, богарными условиями), а исходя из вклада мелиорированных земель в общий объем производства. Не учитывалась также диспропорция в закупочных ценах на зерно, хлопок, картофель и другие овощи, что давало искусственно завышенные значения валовой сельскохозяйственной продукции на мелиорированных землях при использовании стоимостных показателей.

2. Сколько-нибудь серьезных проработок альтернативных вариантов не было.

3. Эколого-географической экспертизы проектов мелиорации земель в современном виде еще не существовало. Практика проведения экспертиз на уровне государственных органов была такова, что экспертизе подлежали, как правило, проекты, сметная стоимость которых составляла от сотен миллионов до десятков миллиардов рублей. Сам по себе отдельно взятый проект орошения или осушения редко превышал десятки миллионов рублей. Поэтому такие проекты проходили лишь согласование в областных и районных организациях по охране природы.

4. Экологические и другие побочные последствия водных мелиораций, включая снижение биологической продуктивности на прилегающих к мелиоративным системам землях, падение уловов рыбы, рост заболеваемости населения в результате размножения переносчиков болезнетворных организмов или применения дефолиантов, практически не учитывались при определении эффективности мелиораций.

5. Низкое качество проектирования и водохозяйственного строительства, сдача объектов с недоделками и отступлением от проекта приводили к тому, что в стране параллельно шло два процесса: ввод в строй новых объектов гидромелиорации и списывание эксплуатировавшихся объектов, потерявших частично или полностью свой производственный потенциал из-за засоления почв, выхода из строя дренажа, сработки торфяника и т.д.

6. Неудовлетворительная эксплуатация оросительных систем заключалась в завышенных нормах полива примерно на 50% против уровня, обеспечивающего максимально полную отдачу воды.

7. Низкая окупаемость капитальных вложений в осушительную мелиорацию в Нечерноземной зоне РФ была во многом обусловлена дефицитом рабочей силы из-за неразвитости социально-экономической инфраструктуры, в том числе дорожно-транспортной сети, и неблагоприятной демографической ситуацией.

Не останавливаясь на общей структуре и содержании томов по ОВОС, охарактеризуем наиболее важные положения оценки воздействия для двух важнейших подтипов водных мелиораций.

## Осушительные и осушительно-увлажнительные системы

В основе обоснования в проведении комплексных гидротехнических мелиораций лежит, во-первых, фактор устойчивого спроса на ожидаемую сельскохозяйственную продукцию; во-вторых, фактор экономической целесообразности (рентабельности) ее получения и реализации. На данном этапе прорабатываются альтернативные варианты достижения поставленной цели. При выборе подтипа мелиорации хорошо зарекомендовал себя метод гидротермических коэффициентов Г. Т. Селянинова, А. М. Алпатьева, М. И. Будыко, П. И. Колоскова, Д. И. Шашко и др. Все они в той или иной степени дополняют друг друга и характеризуют режим тепла и влаги либо за вегетационный период, либо за год в целом.

На основе анализа причин переувлажнения земель (типов водного питания), гидрогеологических, геоморфологических, почвенно-ботанических свойств предполагаемых к осушению ландшафтов выбирают виды и способы мелиорации:

- закрытый дренаж;
- открытые каналы;
- искусственные ложбины;
- ловчие каналы и дрены;
- кротовый дренаж;
- кротование;
- агромелиоративные мероприятия (узкозагонная вспашка, глубокое рыхление);
- регулирование рек-водоприемников;
- обвалование с машинным водоподъемником;
- дождевание;
- шлюзование;
- мероприятия по улучшению теплового режима почв (снегозадержание, борьба с заморозками, мульчирование поверхности и пр.);
- уборка камней;
- удаление кустарника и мелколесья, срезка кочек, ликвидация мелкоконтурности;
- известкование;
- противоэрозионные мероприятия (террасирование склонов, посадка лесных полос, облесение территории и т.д.);
- рыхление рудякового горизонта;
- строительство прудов.

Наиболее ответственный этап — обоснование **проектной урожайности**, ниже которой проведение мелиорации неоправданно. Ее значения носят региональный характер, в частности для условий Подмосковья составляют для картофеля — 200–600 ц/га, капусты — 400–1000 ц/га, корнеплодов — 300–700 ц/га, многолетних трав на сено — 420–900 ц/га.

Техническая характеристика проекта включает в себя обоснование нормы осушения, глубины оградительных (ловчих) каналов, регулирующей сети, расстояния между дренами и т.д. Гидравлический расчет каналов включает в себя обоснование расхода воды и скорости потока. Оптимальная скорость потока — функция глубины потока и грунтов. При низких скоростях происходит быстрое заиление каналов, при высоких — меандрирование и размыв бортов каналов. Оптимальные скорости при осушении низинных и переходных торфяников 0,5–0,9 м/с; в минеральных грунтах — 0,3–0,5 м/с.

**Баланс органического вещества торфяных почв.** При осушении торфяных почв органическое вещество постепенно минерализуется. Расходную часть баланса составляют: вынос органического вещества урожаем, сельскохозяйственными машинами; потери за счет микробиологического и химического разрушения, вынос эрозией и дефляцией, с дренажным стоком. Приходную часть формирует привнос органических удобрений, остатки растений, поступление с дефляцией.

В условиях Нечерноземной зоны в первые 10–20 лет осадка и сработка торфа составляют 2–3 см/год, затем интенсивность процесса снижается до 1–1,5 см/год.

Собственно оценка воздействия как прогноз изменения состояния массива осушения и ландшафтов на прилегающей территории должна включать обоснование величины и скорости сработки торфяного горизонта, качества дренажных вод, расчет ширины зоны гидрогеологического влияния (снижения уровня грунтовых и почвенных вод), прогноз изменений в почвенном и растительном покрове (с детализацией на подзоны и пояса влияния), изменения в животном мире, в местном климате (целесообразно для массивов осушения более 1000 га). Экономическая оценка включает возможные негативные и позитивные последствия, обоснование объема финансирования компенсационных мероприятий.

Необходимо привести списки краснокнижных видов растений и животных. На местах сосредоточения редких видов растений, ценных технических и лекарственных растений обеспечивается сохранение природного комплекса инженерными мероприятиями или созданием заповедных территорий. В местах обитания животных нельзя применять химический способ уничтожения древесной и кустарниковой растительности.

Начальный этап проектирования **оросительных систем**, помимо обоснования экономической целесообразности получения сельскохо-

зяйственной продукции, включает определение источников воды для полива, оценку их пригодности и объем для изъятия, расчет норм и выбор способов поливов и орошения, расчет скорости движения воды в каналах, потерь на фильтрацию, зону фильтрации, обоснование противофильтрационных мероприятий на каналах и в русле (искусственная одежда, бетонные плиты и т.д.).

Наиболее важная часть ОВОС — расчет баланса солей на массиве орошения и в почвах прилегающей территории, т.е. прогноз вторичного засоления. Для этого необходимо обоснование выбора способов удаления солей из профиля засоленных почв, сквозное промывание, поверхностная промывка, запашка солей и т.д. Следует иметь в виду, что от типа засоления (содового, сульфидного, гипсового, карбонатного) зависит выбор методов мелиорации почв.

В целом проектирование мелиоративных систем входит в систему территориального ландшафтного планирования. Мелиоративные проекты должны вписываться в схемы развития и размещения производительных сил региона, решая экологические, экономические и социальные задачи.

# 14 ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИРОДООХРАННЫХ ОБЪЕКТОВ

## 14.1. Назначение и типология природоохранных объектов

Основополагающей идеей при проектировании природоохранных объектов является необходимость ограничения хозяйственной деятельности и консервации (полной или частичной) определенной части географического пространства для выполнения ряда специфических экологических функций. К числу основных функций относятся ***резервационная*** (сохранение биоразнообразия, эталонных и уникальных природных систем), ***регуляционная*** (поддержание экологического баланса) и ***восстановительная*** (восстановление тех или иных видов природных ресурсов). К числу дополнительных функций, которые не являются строго специфическими для природоохранных объектов, относятся рекреационная, эколого-просветительская, научно-исследовательская, а также функция охраны природно-исторических ценностей.

Выполнение этих функций возможно только при полном или частичном ограничении хозяйственной деятельности на охраняемых территориях.

В первом приближении все природоохранные объекты могут быть разделены на ***особо охраняемые природные территории (ООПТ)*** и ***охраняемые природные территории (ОПТ)***. Различия между ними заключаются в том, что в пределах ООПТ природопользование и управление регламентируются специальными нормативными актами, а не на общих основаниях, устанавливается специфический режим природопользования, включающий полное или частичное, постоянное или временное ограничение природопользования. Наиболее известные категории ООПТ — *заповедники*, *природные* и *национальные парки* и др.

К ОПТ относятся природные территории и/или акватории, выделенные в целях охраны окружающей среды и отличающиеся тем, что для них режим природопользования разрабатывается не специально, а по шаблону. Границы в большинстве случаев определяются по общим нормативам, а не в результате индивидуального проектирования. Наиболее типичные примеры — водоохранные зоны рек, леса первой группы.

Кроме того, необходимо учитывать, что в РФ все природные территории в той или степени защищены различными нормами, регулирующими природопользование на общих основаниях, в рамках действующего законодательства (земельного, лесного, водного и др.). Во многих случаях природные объекты, расположенные на этих землях, также могут выполнять экологические функции.

## 14.2. Особо охраняемые природные территории (ООПТ)

В соответствии с действующим законодательством к ООПТ относятся участки земли, водной поверхности и воздушного пространства над ними, где располагаются природные объекты, имеющие особое природоохранное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное и оздоровительное значение, которые изъяты решением органов государственной власти полностью или частично из хозяйственного использования и для которых установлен особый режим охраны.

Выделяются восемь основных категорий ООПТ: *заповедники, национальные парки, природные парки, заказники, памятники природы, дендрологические парки* и *ботанические сады, лечебно-оздоровительные местности* и *курорты*, а также *территории традиционного природопользования*. При проектировании необходимо учитывать, что органы государственной власти могут устанавливать и другие категории ООПТ (городские леса и парки, зеленые зоны, памятники садово-паркового искусства, биостанции, микрозаповедники, охраняемые природные ландшафты, речные системы, береговые линии и др.). Вследствие этого общее число различных категорий ООПТ в России в настоящее время превышает 250 наименований. ООПТ могут иметь федеральное, региональное и местное значение. На конец 2002 г. в стране имелось более 13 тыс. особо охраняемых природных территорий различного ранга площадью около 1,5 млн км$^2$, занимающих около 8% территории РФ. Рассмотрим кратко особенности организации некоторых видов ООПТ.

### Заповедники

Они создаются для сохранения и изучения естественного хода природных процессов и явлений, генетического фонда растительного и животного мира, отдельных видов и сообществ растений и животных, типичных и уникальных экологических систем. На территории заповедников полностью изымаются из хозяйственного использования охраняемые природные комплексы и объекты (земля, воды, недра, растительный и животный мир), имеющие особое природоохранное, научное и эколого-просветительское значение. Заповедники могут иметь только федеральный статус. Изъятие земельных участков и других природных ресурсов заповедников запрещается, они пол-

ностью изымаются из оборота. На территориях заповедников запрещается любая деятельность, противоречащая задачам заповедника и режиму особой охраны его территории. На прилегающих к территориям заповедников участках земли и водного пространства создаются ***охранные зоны*** с ограниченным режимом природопользования.

Основные задачи, возлагаемые на заповедники:

- поддержание в естественном состоянии охраняемых природных комплексов и сохранение биоразнообразия;
- проведение экологического мониторинга, в том числе путем ведения «Летописи природы»;
- проведение научных исследований;
- содействие в подготовке научных кадров и специалистов в области охраны природы;
- экологическое просвещение;
- участие в государственных экологических экспертизах.

*Таким образом, заповедник — наиболее жесткая по природоохранным ограничениям организационная форма охраны природных территорий.* Концепция эталонных участков, «лабораторий природы», где полностью исключается любое вмешательство человека, является доминирующей при организации заповедников. Основными методическими подходами при проектировании заповедников служат принципы ландшафтно-географической представительности (каждый крупный физико-географический регион — природные зоны, подзоны, секторные ряды ландшафтов — должен иметь в своем составе ненарушенный эталон природы) и максимального сохранения биоразнообразия (выявление участков с наибольшим видовым разнообразием, мест обитания редких и исчезающих видов). На этапе проектирования конкретного заповедника учитывается степень антропогенной нарушенности природы (в идеале в состав заповедника должны входить неизмененные человеком ландшафты) и площадь (поскольку заповедник должен служить эталоном природы того или иного региона, в состав биоценозов должны входить крупные животные, которые находятся на вершине трофической пирамиды и имеют большие индивидуальные участки).

На конец 2002 г. в РФ насчитывалось 100 заповедников, занимающих около 1,5% площади страны.

## Национальные парки

Это особая форма ООПТ, где совмещаются задачи сохранения природных и историко-культурных объектов с организацией активного познавательного отдыха. Национальные парки (НП), так же как и заповедники, имеют только федеральный статус. Однако в отличие от заповедников на территории национальных парков могут быть и другие землепользователи (сельскохозяйственные угодья, селитебные земли и др.). В некоторых НП подобные участки занимают более половины площади.

Согласно действующему законодательству, на НП возложено выполнение следующих основных задач:

- сохранение природных комплексов, уникальных и эталонных природных участков и объектов;
- сохранение историко-культурных объектов;
- экологическое просвещение населения;
- создание условий для регулируемого туризма и отдыха;
- разработка и внедрение научных методов охраны природы и экологического просвещения;
- осуществление экологического мониторинга;
- восстановление нарушенных природных и историко-культурных комплексов и объектов.

Принципиальное отличие от заповедников при проектировании НП — необходимость функционального зонирования. Это связано с многообразием задач, возлагаемых на НП, которые в ряде случаев могут иметь конфликтный характер. Наиболее эффективным средством разграничения конфликтных видов природопользования является функциональное зонирование. Выделяются следующие основные функциональные зоны:

- **заповедная**, предназначенная для сохранения природных комплексов и объектов в их естественном состоянии. Здесь запрещены любая хозяйственная деятельность и рекреационное использование территории;
- **особо охраняемая**, в пределах которой обеспечиваются условия для сохранения природных комплексов, но допускается строго регулируемое посещение;
- **познавательного туризма**, предназначенная для организации экологического просвещения и ознакомления с достопримечательными объектами национального парка;
- **рекреационная**, предназначенная для отдыха;
- **охраны** историко-культурных объектов;
- **обслуживания посетителей**, предназначенная для размещения мест ночлега, палаточных лагерей и иных объектов туристского сервиса, культурного, бытового и информационного обслуживания посетителей;
- **хозяйственного назначения**, в пределах которой осуществляется хозяйственная деятельность, необходимая для обеспечения функционирования НП.

Каждая зона имеет набор выполняемых функций, специфический режим охраны природных объектов и свой характер использования природных ресурсов. Особое значение при проектировании НП имеет заповедная зона. Критерием ее выделения служит наличие хорошо сохранившихся, типичных или уникальных природных комплексов, а также наличие редких видов растений и животных — наиболее уязви-

мых природных компонентов, нуждающихся в строгой охране. *Таким образом, размещение заповедных участков подчиняется единственному принципу — естественному расположению участков и объектов природы, заслуживающих охраны, а их положение в географическом пространстве дает структурный каркас всей схеме зонирования**.

Несмотря на разнообразие функциональных зон, при проектировании можно выделить три типа их расположения внутри границ парка**.

- Первый тип — **концентрический**, когда заповедное ядро парка занимает один компактный участок, расположенный в центральной части. От центра к периферии в виде концентрических полос находятся другие функциональные зоны, причем в этом же направлении уменьшается строгость режима охраны и увеличивается антропогенная, в основном рекреационная, нагрузка.
- Второй тип зонирования — **линейный** — характерен для парков, территория которых вытянута вдоль побережья моря или большой реки. В этом случае функциональными зонами, ближайшими к побережью, как правило, служат рекреационная и зона обслуживания посетителей. Заповедная зона, напротив, наиболее удалена от берега.
- Третий тип, характерный для большинства парков России, — **полицентрический.** Ему соответствуют НП, расположенные в районах старого освоения и не имеющие значительных по размеру цельных массивов природных ландшафтов. Заповедные зоны таких НП состоят из отдельных разрозненных участков, окруженных рекреационными зонами, которые в свою очередь граничат с хозяйственно используемыми землями.

Приоритетными критериями при выборе территории для НП являются:

- наличие представительных образцов экосистем и биоты, уникальных образцов геологических и геоморфологических процессов, редких и исчезающих видов организмов;
- возможность поддержания важнейших природных процессов и экосистем, существенных для сохранения экологической стабильности крупных регионов;
- наличие историко-культурных памятников национального значения в природном окружении;
- значимость для развития экологического просвещения и туризма и др.

В настоящее время в РФ организовано 35 НП, занимающих около 0,4% территории РФ.

---

* См.: *Забелина Н. М.* Национальный парк. М., 1987.

** См.: *Иванов А. Н., Чижова В. П.* Охраняемые природные территории. М., 2002.

## Природные парки

Еще одна категория ООПТ, в пределах которой совмещаются задачи сохранения природных ландшафтов и историко-культурных объектов с организацией познавательного отдыха и туризма, — природные парки. В соответствии с действующим законодательством к природным паркам относятся природоохранные рекреационные учреждения, территории (акватории) которых включают природные комплексы и объекты, имеющие значительную экологическую и эстетическую ценность и которые предназначены для использования в природоохранных, просветительских и рекреационных целях. Главное юридическое отличие природных парков от национальных заключается в их подчинении: они не относятся к объектам федеральной собственности, а находятся в ведении субъектов Российской Федерации.

Природные парки могут располагаться не только на тех землях, которые предоставлены им в бессрочное пользование, но и на землях других землепользователей. К основным задачам природных парков относятся:

- сохранение природных ландшафтов;
- создание условий для отдыха (в том числе массового) и сохранение рекреационных ресурсов;
- поддержание экологического баланса в условиях рекреационного использования территорий природных парков;
- разработка и внедрение экологически оптимальных видов природопользования.

Эти задачи определяют режим охраны и использования территории, а также наличие различных функциональных зон: заповедной, рекреационной, историко-культурной, агрохозяйственной и др.

Природные критерии выбора территории для природных парков в целом повторяют таковые для национальных парков. Главное отличие заключается в том, что рекреационная ценность ландшафтов для природных парков в определенном смысле важнее экологической. При выборе территории под природный парк не обязательно наличие представительных образцов экосистем, редких и исчезающих видов флоры и фауны и т.д. Важнее высокая эстетическая ценность природной территории, которая в большинстве случаев непосредственно связана с хорошей сохранностью экосистем.

Природные парки необходимы прежде всего в староосвоенных регионах, где от естественной природы остались лишь отдельные островки, окруженные природно-антропогенными ландшафтами, в частности в центре Русской равнины. Здесь они представляют удачную форму удовлетворения рекреационных потребностей населения, с одной стороны, и сбережения природных ресурсов — с другой.

Природные парки — новая категория ООПТ, существующая в РФ только с 1995 г. В настоящее время в России насчитывается 40 природ-

ных парков (в том числе семь из них — на территории Москвы), и они занимают 0,8% площади РФ.

## Заказники

Заказниками объявляются территории, имеющие особое значение для сохранения или восстановления природных комплексов или их компонентов и поддержания экологического баланса. Заказники могут иметь как федеральный, так и региональный статус, они могут быть как землепользователями на своей территории, так и организовываться на землях других землепользователей. На территориях заказников (либо их отдельных участках) постоянно или временно запрещается или ограничивается любая хозяйственная деятельность, если она противоречит целям их создания или наносит ущерб природным комплексам и их компонентам.

Вследствие определенной гибкости вводимых природоохранных ограничений (в зависимости от специфики местных условий хозяйственная деятельность может или полностью запрещаться, или допускаться некоторые ее виды) заказники — одна из наиболее распространенных в России категорий ООПТ.

В зависимости от конкретных задач охраны природы и природных ресурсов заказники могут иметь различный профиль. Они могут быть:

- комплексными (ландшафтными), предназначенными для сохранения и восстановления природных комплексов (ландшафтов);
- биологическими (ботаническими или зоологическими), предназначенными для сохранения и восстановления численности редких и исчезающих видов (подвидов, популяций) растений и животных, а также ценных в хозяйственном, научном и культурном отношении;
- палеонтологическими, предназначенными для сохранения мест находок и скоплений останков или окаменевших образцов ископаемых животных и растений, имеющих особое научное значение;
- гидрологическими (болотными, озерными, речными, морскими), предназначенными для сохранения или восстановления ценных водных объектов и экологических систем;
- геологическими, предназначенными для сохранения ценных объектов и комплексов неживой природы (торфяников, месторождений минералов и других полезных ископаемых, примечательных форм рельефа и связанных с ними элементов ландшафта).

На конец 2002 г. в России имелось около 4 тыс. заказников, занимающих примерно 3,5% площади страны. Площади отдельных заказников сильно варьируют: самый большой из них («Земля Франца Иосифа», образованный в 1994 г.) имеет площадь 4,2 млн га, а в староосвоенных регионах заказники занимают территорию всего лишь

в несколько гектаров. Несмотря на очевидность тезиса, что природу необходимо охранять комплексно и лучше всего для этой цели подходят ландшафтные заказники, вследствие специфики истории формирования этой категории ООПТ внутри нее традиционно преобладают однокомпонентные, в основном зоологические заказники, предназначенные для охраны (или восстановления) одного или нескольких видов животных. В целом заказники имеют весьма существенное значение среди разных категорий резерватов и часто составляют основу региональных систем ООПТ. Из-за своего разнообразия, многочисленности, эластичности, возможности размещения в сильно различающихся по природным и социально-экономическим условиям регионах они представляют как бы поддерживающую систему в отношении ООПТ с более жестким режимом охраны (заповедники и национальные парки), повышающую эффект их деятельности.

## Памятники природы

Это уникальные, невосполнимые, ценные в экологическом, научном, культурном и эстетическом отношениях природные комплексы, а также объекты естественного и искусственного происхождения. Памятник природы (ПП) — одно из наиболее популярных понятий, связанных с охраной природных объектов, широко используемое не только в науке, но и в обыденной жизни. Возникновение термина связывается с именем А. Гумбольдта, который применил его в 1818 г. по отношению к обнаруженному им необычному по размерам и возрасту дереву.

Памятники природы как категория ООПТ широко применяется во многих регионах. Основная цель объявления природных комплексов и других объектов памятниками природы — сохранение их в естественном состоянии. Согласно действующему в России законодательству эта цель может достигаться как с изъятием, так и без изъятия земельных участков у других землепользователей (последний вариант менее благоприятен с природоохранной точки зрения, однако на практике наиболее распространен).

Перечень объектов, имеющих статус памятников природы, очень широк. К ним могут относиться участки живописных местностей*; эталонные участки нетронутой природы; объекты культурного ландшафта (старинные парки, аллеи, каналы и т.п.); места произрастания и обитания ценных, реликтовых, малочисленных, редких и исчезающих видов растений и животных; лесные массивы и участки леса, особо ценные по своим характеристикам (породный состав, продуктивность, генетические качества, структура насаждений и др.), а также образцы выдающихся достижений лесохозяйственной науки и практики; природные объекты, играющие важную роль в поддержании

---

* См.: *Степаницкий В. Б.* Постатейный комментарий к Федеральному закону «Об особо охраняемых природных территориях». М., 2001.

гидрологического режима; уникальные формы рельефа и связанные с ними природные комплексы (горы, группы скал, ущелья, каньоны, пещеры, ледниковые цирки, троговые долины, моренно-валунные гряды, дюны, барханы, бугры пучения и т.п.); геологические обнажения, имеющие особую научную ценность (опорные разрезы, стратотипы, выходы редких минералов, горных пород и полезных ископаемых); геолого-географические полигоны, в том числе классические участки с особо выразительными следами сейсмических явлений; местонахождения редких или особо ценных палеонтологических объектов; участки рек, озер, водно-болотных комплексов, водохранилищ, морских акваторий, небольшие реки с поймами, озера, водохранилища и пруды; природные гидроминеральные комплексы; термальные и минеральные водные источники, месторождения лечебных грязей; береговые объекты (косы, перешейки, полуострова, острова, лагуны, бухты и т.п.); отдельные объекты живой и неживой природы (места гнездования птиц, деревья-долгожители, имеющие историко-мемориальное значение, единичные экземпляры экзотов и реликтов, вулканы, холмы, ледники, валуны, водопады, гейзеры, родники, истоки рек, скалы, утесы, останцы, проявления карста, гроты и т.п.).

*Использование памятников природы допускается для решения научных, эколого-просветительских, рекреационных и других задач, не противоречащих основной цели объявления данных объектов памятниками природы.* При проектировании на каждый памятник природы составляется паспорт, в котором указываются его местонахождение, границы, площадь, режим особой охраны, а также допустимые виды использования в зависимости от его характера и состояния (при этом могут вводиться сезонные и другие ограничения).

В зависимости от природоохранной, эстетической и других ценностей охраняемых объектов памятники природы могут иметь федеральное или региональное значение. К концу 2002 г. в России насчитывалось около 8 тыс. памятников природы, однако вследствие небольших размеров они занимали лишь 0,1% территории страны. В целом такая категория ООПТ, как памятник природы, очень распространена и имеет исключительное значение для сохранения природных феноменов разных уровней и охраны мелких элементов ландшафта, что особенно важно в староосвоенных регионах для поддержания экологически сбалансированной пространственной структуры ландшафтов.

## 14.3. Влияние природоохранных объектов на прилегающие территории

Как было отмечено, одна из основных функций природоохранных объектов — консервационная, т.е. сохранение в своих границах типичных и уникальных ландшафтов, различных природных феноме-

нов и т.п. Другая важнейшая функция — регуляционная (средообразующая), проявляющаяся через влияние на прилегающие территории. Это влияние проявляется через ландшафтно-географические поля и может быть разделено на две составляющие — вещественно-энергетическую и информационную. Первая известна достаточно давно и разработана на примере влияния лесных массивов на прилегающее пространство. Благодаря изученному влиянию леса на микроклимат, водный режим, формирование стока, относительно недавно были выявлены и новые аспекты воздействия леса как физического тела на окружающую среду, в частности, на формирование химического и бактериального стока, термический режим рек и др. Это передается через два природных компонента — водный и воздушный и зависит от высоты деревьев и площади лесного массива. Наиболее сильное влияние леса на прилегающую территорию обнаруживается на расстоянии, кратном примерно 12–15 высотам деревьев (микроклимат, свойства растительности, почв, состав фауны и др.). Влияние на сток сказывается в пределах площади водосбора и прослеживается на расстоянии от нескольких километров до первых десятков километров. Вероятно, в тех же пределах проявляется и воздействие лесных массивов на местный климат, хотя четкий ареал здесь определить сложнее.

Менее ясны вопросы информационного взаимодействия изолированных лесных экосистем. Имеются сведения о том, что флора высших сосудистых растений испытывает изоляцию при удалении охраняемых участков от крупных массивов природного растительного покрова на расстояние 100–200 км. Примерно в тех же пределах фиксируется эффект дистанционной изоляции популяций (т.е. уменьшения интенсивности информационного обмена при увеличении расстояния между популяциями) у некоторых видов животных.

Таким образом, в ареале влияния изолированного лесного массива на прилегающую территорию выделяются три подзоны:

- непосредственного физического воздействия на все компоненты прилегающих природных комплексов (до 300–400 м);
- влияния на сток и местный климат (от нескольких километров до первых десятков километров);
- информационного влияния (до 100–200 км).

При взаимодействии двух и более подобных лесных массивов (аналогов ООПТ среди преобразованных природно-антропогенных геосистем) происходит наложение зон влияния. Желаемый эффект интерференции определяется решаемыми задачами. Для оптимизации сельскохозяйственного производства в степной зоне, например, необходимо наложение зон влияния первого уровня. Для поддержания экологического баланса в лесной зоне — наложение как минимум зон влияния второго уровня. Количественными показателями подобного взаимодействия служат общий процент лесистости, концентрация в лесных экосистемах

живого органического вещества, определяемая составом растительности, стадиями сукцессии. Так, в староосвоенных регионах лесной зоны в зависимости от специфики природных и социально-экономических условий оптимальный (с эколого-экономической точки зрения) процент лесистости колеблется в среднем от 40 до 60%. Большое значение при этом имеют характер распределения и площадь лесных массивов.

## 14.4. Охраняемые природные территории (ОПТ)

Особенно ярко проявляются средообразующие функции при проектировании ОПТ, к которым относятся водоохранные зоны и леса первой группы.

***Водоохранными зонами*** являются территории, прилегающие к акваториям рек, озер, водохранилищ и других водных объектов, в пределах которых устанавливаются ограничения хозяйственной деятельности с целью предотвращения загрязнения, засорения, заиления и истощения водных объектов, а также сохранения среды обитания водных организмов.

Размеры и границы водоохранных зон определяются исходя из физико-географических особенностей территории. Так, ширина водоохранных зон устанавливается:

- для рек, стариц и озер — от среднемноголетнего уреза воды в летний период;
- для водохранилищ — от уреза воды при нормальном подпорном уровне;
- для болот — от их границы (нулевой глубины торфяной залежи);
- для морей — от максимального уровня прилива.

Минимальная ширина водоохранных зон определяется в зависимости от протяженности реки (табл. 13).

*Таблица 13*

**Минимальные размеры водоохранных зон**

| Протяженность реки от истока, км | Ширина водоохранной зоны, м |
|---|---|
| До 10 | 50 |
| От 10 до 50 | 100 |
| От 50 до 100 | 200 |
| От 100 до 200 | 300 |
| От 200 до 500 | 400 |
| Более 500 | 500 |

Минимальная ширина водоохранных зон для озер, водохранилищ и верховых болот составляет при площади объектов менее 2 км² — 300 м, а при площади более 2 км² — 500 м.

Как правило, прибрежные защитные полосы должны быть заняты древесно-кустарниковой растительностью или залужены.

К ***лесам первой группы*** относятся все леса, выполняющие защитные, санитарно-гигиенические, оздоровительные, водоохранные функции. Это — притундровые леса, ленточные боры, леса в зонах санитарной охраны источников водоснабжения и курортов, зеленые зоны вокруг населенных пунктов и хозяйственных объектов, защитные лесные полосы, орехово-промысловые зоны, противоэрозионные леса, лесные участки, имеющие научное или историческое значение, леса в пустынных, полупустынных, степных, лесостепных и малолесных горных территориях, имеющих важное значение для защиты окружающей природной среды и др. В указанных лесах, как правило, не проводятся рубки главного пользования, а разрешаются только рубки промежуточного пользования и другие, направленные на улучшение состояния древостоев и усиление природно-экологических функций лесов этой группы.

## 14.5. Проектирование экологических каркасов

Отдельные ООПТ и ОПТ могут выполнять функции сохранения ландшафтного и биологического разнообразия, эталонных и уникальных ландшафтов и т.п., однако для решения стратегической задачи всего заповедного дела — поддержания экологического баланса в отдельных регионах и географической оболочке в целом — их недостаточно. Один из возможных подходов к решению этой задачи — создание экологических каркасов.

Под **экологическим каркасом (ЭК)** понимается вся совокупность геосистем (как естественного, так и искусственного происхождения) в пределах какой-либо территории, выполняющих специфические экологические функции.

Эти функции определяются высокой информативностью природных комплексов (уникальностью, репрезентативностью и/или разнообразием), способностью существенно влиять на экологические параметры среды в регионе (средообразующая способность), исключительностью природно-ресурсного потенциала (наличие ключевых местообитаний ресурсно ценных видов биоты, наличие зон формирования водного стока), выдающимися эстетическими достоинствами ландшафтов и др. Таким образом, экологический каркас — понятие более широкое, чем сеть ООПТ и ОПТ, поскольку включает в себя не

только собственно охраняемые территории, но и другие природные и природно-антропогенные объекты, выполняющие специфические экологические функции.

На картах, космических снимках такая совокупность объектов выглядит как пространственно сообщающаяся сеть природных и полуприродных территорий, т.е. «каркас». ЭК отличаются как территориальной взаимосвязанностью (неразрывностью), так и системной целостностью: каждый элемент ЭК, выполняя присущую ему функциональную роль в поддержании экологического баланса, связан с другими, усиливая их экологическую значимость (свойство эмерджентности).

Экологический каркас состоит из четырех основных элементов: узловых структур, траспортных коридоров, буферных зон и территорий экологической реставрации.

***Узлы экологического каркаса*** — территории, выполняющие преимущественно средообразующие функции, непосредственно обеспечивающие поддержание экологического баланса, биоразнообразия и оказывающие влияние на значительные площади прилегающих территорий.

К их числу относятся верхние звенья ландшафтных катен (междуречные равнины, особенно с сохранившимися участками зональной растительности, верхний ярус горных систем), крупные малонарушенные лесные массивы, болотные системы, верховья основных рек, ареалы интенсивного подземного стока, «информационные узлы», обладающие повышенным биологическим и ландшафтным разнообразием, и др.

***Транспортные коридоры*** — территории, выполняющие преимущественно транспортные функции, т.е. представляющие собой основные магистрали вещественно-энергетического обмена между узлами.

Это прежде всего «кровеносная система ландшафта» — долины рек и ручьев, овражно-балочная сеть, «коридоры» движения приземного слоя воздуха, подземных вод, миграционные маршруты животных и т.п.

Транспортные коридоры служат местами транзита воды и различных растворенных веществ, а также территориями, благодаря которым поддерживается обмен живыми организмами между узлами экологического каркаса. В незначительно преобразованных ландшафтах транспортные коридоры существуют в виде широких переходных полос между узлами ЭК. В староосвоенных регионах транспортные коридоры часто бывают редуцированы до узких линейных полос — «экологических мостов». Если топографическая целостность транзитных территорий нарушена (например, линейными коммуникациями), но экологические связи сохранились, то говорят о фрагментарных или прерывистых коридорах.

Для предотвращения деградации вследствие негативного антропогенного влияния окружающей среды узлы экологического каркаса и транспортные коридоры необходимо окружить ***буферными зонами*** — аналогами охранных зон вокруг ООПТ, защищающими их от внешних воздействий.

***Территории экологической реставрации*** — земли, на которых восстанавливаются природные геосистемы.

Необходимость выделения этой структурной составляющей связана с тем, что в староосвоенных регионах сохранившиеся природные территории обычно не формируют каркас, поскольку экологическая инфраструктура ландшафта разорвана вследствие сельскохозяйственного освоения, селитебных земель и пр. Таким образом, встает задача соединения «разрывов» экологического каркаса. Как показывает практика, для этого чаще всего требуется восстановление экологических коридоров.

Кроме того, в староосвоенных регионах в ЭК, как правило, включаются искусственные объекты, исторически не свойственные данному ландшафту, но необходимые для поддержания его стабильности в условиях интенсивной хозяйственной деятельности, поскольку не всегда возможно обеспечить это естественными экологическими регуляторами. Примерами искусственных регуляторов служат полезащитные и придорожные лесополосы, валы-микротеррасы, прокладываемые поперек склона и препятствующие развитию эрозии, пруды и др.

В соответствии с иерархической организацией ландшафтной оболочки экологические каркасы также проектируются на разных иерархических уровнях. На ***локальном уровне*** конструирование ЭК происходит в основном для природных комплексов ранга урочищ и фаций. Большую роль в создании экологического каркаса играют так называемые микрорезерваты. Это могут быть отдельные холмы, балки, рощи, фрагменты естественных лугов, участки рек и ручьев, места выходов грунтовых вод, небольшие озера, болота и т.п. Все эти объекты имеют исключительное значение для формирования экологически сбалансированной пространственной структуры ландшафтов, особенно в староосвоенных регионах.

На ***региональном уровне*** основной единицей геосистемной иерархии служат более крупные природные комплексы, как правило, ранга ландшафт и местность. Среди различных категорий ООПТ большое значение здесь имеют охраняемые ландшафты. Данная категория ООПТ широко представлена за рубежом, однако в нашей стране она пока не получила распространения. Основные задачи, возлагаемые на области охраняемых ландшафтов в странах Центральной и Восточной Европы (а в некоторых государствах, например, в Австрии, Польше они занимают около 20% площади страны), — это обеспечение строгого соблюдения всех правил и норм охраны природы, формирование экологически сбалансированных ландшафтов, уход за ландшафтом, сохранение

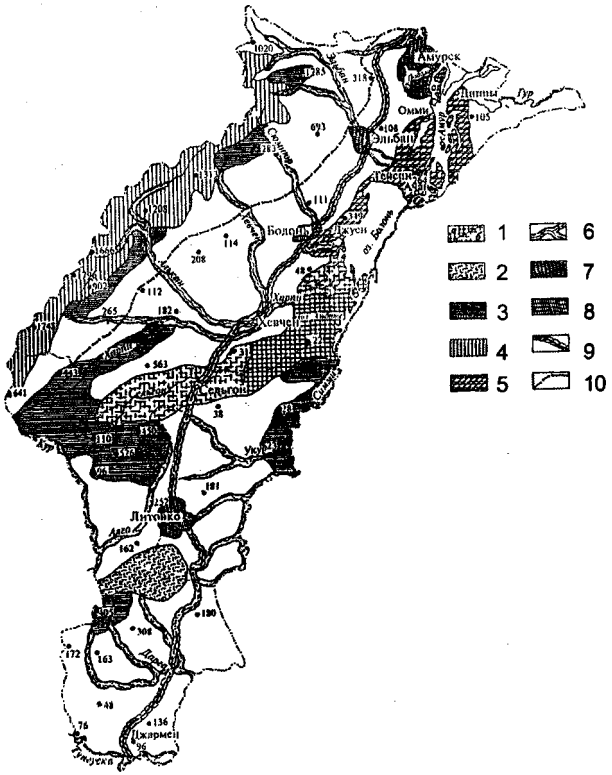



**Рис. 38.** Экологический каркас территории Амурского района Хабаровского края:

Элементы ЭКТ: 1 — заповедники (*а* — утвержденный, *б* — рекомендуемый); 2 — национальный (природный) парк; 3 — участки типичных ландшафтов; 4 — уязвимые ландшафты.
Зоны: 5 — традиционного природопользования; 6 — водоохранные; 7 — буферные; 8 — зеленые и зоны отдыха; 9 — защитные вдоль транспортных коммуникаций; 10 — граница распространения горно-таежных ландшафтов

культурного наследия, организация отдыха населения и т.п. Последовательное решение этих задач приводит к тому, что в отечественной географии обычно подразумевается под термином «*культурный ландшафт*», т.е. *природный комплекс со сбалансированными экономическими, социальными и экологическими функциями и высокими эстетическими достоинствами, обеспечивающий соответствующее качество жизни населения.* Пример построения ЭК на региональном уровне представлен на рис. 38.

На ***макрорегиональном уровне*** основными структурными ячейками при формировании ЭК служат физико-географические провинции,

области и страны. Пример построения подобного внутриконтинентального ЭК представляет Панъевропейская стратегия сохранения биологического и ландшафтного разнообразия. В рамках стратегии все страны панъевропейского пространства обязались спланировать и создать к 2010 г. Панъевропейскую экологическую сеть территориальной охраны природы. Создание сети предполагает выявление всех наиболее ценных для сохранения биоразнообразия территорий и обеспечение их охраны в рамках единой функционально и территориально связанной системы, включающей ядра сети, экологические коридоры, буферные зоны и восстановленные природные и полуприродные территории.

## 14.6. Проблема сохранения природоохранных объектов в староосвоенных регионах

В природе имеет место общесистемный закон растворения системы в чуждой среде, который формулируется следующим образом: «..индивидуальная система, работающая в среде с уровнем организации более низким, чем уровень самой системы, обречена: постепенно теряя структуру, система через некоторое время растворится в окружающей среде»*.То же утверждает и теория островной биогеографии. Изменение характера островной биоты вследствие изолированности происходит под влиянием эффекта ***инсуляризации*** (от лат. *insula* — остров) и приводит к ряду следствий: обедненному составу флоры и фауны, возрастанию плотности населения отдельных видов, увеличению размеров их экологических ниш, потере со временем видового разнообразия и т.п.

Во многих районах в ООПТ включены острова, со всех сторон окруженные природно-антропогенными ландшафтами. По мере хозяйственного освоения их островная обособленность усиливается, что сказывается на протекающих в них процессах, биоразнообразии и др. Все это обусловливает необходимость учитывать основные положения островной биогеографии при проектировании природоохранных объектов.

В частности, необходимо иметь в виду, что даже в крупных резерватах с экологически полноценными границами сохранение стабильных и богатых видами экосистем в течение длительного времени вряд ли осуществимо, так как будет действовать эффект инсуляризации. Скорость вымирания видов при этом прямо зависит от размеров территории. Чем меньше площадь ООПТ и чем больше степень изолированности, тем интенсивнее идет так называемый «фаунистический коллапс».

Для оценки вероятности вымирания популяции из-за генетических изменений обычно используются два критерия: эффективная численность популяции и продолжительность ее существования. Установлено, что для кратковременного существования популяции млекопи-

---

* *Хильми Г. Ф.* Основы физики биосферы. Л., 1966.

тающих (в пределах 100 лет) достаточна эффективная численность в 50 особей, а для более продолжительного сохранения (несколько сотен лет) она должна быть примерно в 10 раз больше, что обеспечит адаптивные процессы в популяции*. На основе этих цифр может рассчитываться площадь некоторых типов природоохранных объектов. В данном случае исходят из допущения о том, что территория, занимаемая популяцией крупных хищников, находящихся на вершине трофической пирамиды, должна быть достаточна для остальных видов, здесь обитающих. Поэтому при установлении минимальной величины ООПТ ориентируются на площадь, необходимую для существования минимальной жизнеспособной популяции крупных хищников. В то же время возможность выделения территории для популяции крупных хищников из расчета 500 особей часто остается в сфере теории или каких-то исключительных условий, так как требует огромных площадей.

Один из способов минимизации эффекта «фаунистического коллапса» — уменьшение эффекта изолированности путем снижения антропогенных нагрузок в окружающих ООПТ ландшафтах, организация экологических коридоров и создание буферных зон вокруг резерватов. Оптимальная площадь буферной зоны вычисляется по формуле

$$A_2 = [(1 - Z)^{-1/z} - 1]\, A_1;$$

где $Z$ — константа, $A_1$ и $A_2$ — площади резервата и буферной зоны соответственно. При $Z$, равном 0,25, оптимальная площадь буферной зоны в 2,16 раза больше площади самой ООПТ. Если заповедник имеет форму круга с радиусом $R_1$, то буферная зона должна иметь форму охватывающего его кольца с внешним радиусом $R = 1{,}78R_1$. При ломаной границе ООПТ оптимальная величина буферной зоны вычисляется по координатам вершин многоугольника, аппроксимирующего границу резервата**.

Еще один важный аспект, который необходимо учитывать при проектировании, — форма и характер границ ООПТ. Теоретически оптимальной должна быть конфигурация, способная при наименьшей площади обеспечить репрезентативность природных комплексов, сохранить биоразнообразие и поддерживать необходимую устойчивость. Наиболее подходящей является форма круга, из всех геометрических фигур одинаковой площади имеющая наименьший периметр. Это сокращает протяженность границ ООПТ и тем самым снижает число точек соприкосновения с прилегающими природно-антропогенными ландшафтами. Кроме того, форма круга минимизирует расстояние при перемещениях внутри ООПТ, что важно для иммиграции видов***.

---

* См.: Биология охраны природы. М., 1983.

** См.: *Суханов В. В.* К расчету оптимальной буферной зоны заповедника // Экология. 1993. № 1. С. 100–102.

*** См.: *Соколов В. Е. и др.* Экология заповедных территорий России. М., 1997.

# 15 ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИРОДОЗАЩИТНЫХ ОБЪЕКТОВ

## 15.1. Экологическое проектирование санитарно-защитных зон

Проектируется и создается санитарно-защитная зона как защитный и эстетический барьер между источником воздействия и человеком, между территорией объекта воздействия и жилой застройкой, между промышленной и селитебной зонами. Санитарно-защитные зоны выполняют функции природного фильтра, обеспечивающего экранирование, ассимиляцию и фильтрацию загрязнителей атмосферного воздуха, снижения уровня воздействия до принятых гигиенических нормативов.

**Санитарно-защитная зона** — обязательный элемент экологического проектирования любого объекта, который может быть источником химического, биологического или физического воздействия на окружающую среду и здоровье человека.

**Размеры санитарно-защитных зон** и гигиенические требования к ним устанавливаются санитарными правилами*.

В РФ разработаны **классификации производств**, в основу которых положены **санитарно-гигиенические нормы** с учетом класса опасности веществ, технологий и отходов, присущих тому или иному производству. В зависимости от класса санитарно-гигиенической опасности производства (I–V классы) для них установлены определенные размеры санитарно-защитных зон (СЗЗ), радиус которых варьирует от 1000 до 50 м. Минимальные размеры СЗЗ для предприятий первого класса опасности составляют 1000 м, для второго — 500 м, для третьего — 300 м, для четвертого — 100 м, для пятого — 50 м. Для объектов и технологий, не имеющих аналогов в стране и за рубежом, с выбросами первого и

* Проектирование, строительство, реконструкция и эксплуатация предприятий, планировка и застройка населенных мест. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы (СанПиН 2.2.1/2.1.1.1031-01).

второго классов опасности размеры СЗЗ устанавливаются по решению Главного государственного санитарного врача РФ.

**Размеры СЗЗ** должны также подтверждаться расчетами рассеивания выбросов в атмосфере для всей совокупности веществ, распространение шума, вибрации, электромагнитных полей с учетом фонового загрязнения окружающей среды, а также действующих и проектируемых объектов. Для групп промышленных производств или промышленных узлов устанавливается **единая СЗЗ с учетом суммации всех воздействий** и фонового загрязнения окружающей среды. Размеры СЗЗ увеличивают при установлении измерением превышения допустимых воздействий на внешней границе СЗЗ.

Для современных крупных промышленных комплексов черной и цветной металлургии, нефтехимии и нефтепереработки, биосинтеза, лесохимии размеры СЗЗ обосновываются в процессе экологического проектирования и могут достигать десятков и сотен км$^2$. Например, для крупных карьеров КМА установлена СЗЗ в радиусе 10–17 км, для металлургических центров черной и цветной металлургии в радиусе 10–25 км. Как правило, для этих производств помимо СЗЗ устанавливаются также зоны санитарного разрыва, достигающие десятков км.

**В пределах СЗЗ запрещена** жилая застройка, размещение садовых и дачных участков, не допускается размещение пищевой промышленности, хранилищ питьевой воды. Эта территория не может быть использована для рекреации, здесь нельзя проектировать парки, спортивные, лечебные, оздоровительные, образовательные комплексы.

**В границах СЗЗ допускается** выращивание технических культур, размещение производств меньшего класса опасности, чем основное производство, размещение предприятий инфраструктуры, нежилых помещений, складов, коммуникаций, ЛЭП, электроподстанций, нефте- и газопроводов, канализационных, насосных станций, сооружений оборотного водоснабжения, пожарных депо, бань, прачечных, гаражей и т.д.

В проекте санитарно-защитной зоны должны быть проработаны ее территориальная организация, благоустройство и озеленение (40–50% площади), а также определены средства на организацию зоны и переселение за ее пределы жителей.

## 15.2. Учет физических факторов воздействия на население при установлении санитарно-защитных зон

Санитарно-защитные зоны промышленных, коммунальных, энергетических производств автомобильного, железнодорожного, водного и воздушного транспорта — источников физических воздействий на большие расстояния (шум, инфразвук и др.), должны быть спроектированы (или обоснованы) в каждом конкретном случае расчет-

ным путем с учетом характеристик источников воздействия, места их расположения и режима их эксплуатации и т.д.

***Шумовой характеристикой*** является корректированный уровень звуковой мощности LPA в дБА, среднеквадратичные уровни звукового давления (дБ) в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 31.5–63–125–250–500–1000–2000–4000–8000 Гц, а также уровни звука и эквивалентные уровни звука в дБА. ***Допустимые уровни звука и уровни звукового давления*** в октавных полосах частот и уровни звука на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях нормируются гигиеническими нормативами «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» (ГН 2.2. 4/2.1.8.562-96). ***Допустимые уровни, вибрации в жилых домах*** нормируются гигиеническими нормативами «Допустимые уровни вибрации на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий» (ГН 2.2.4/2.1.8.562.96).

***Предельно допустимые уровни воздействия электрического поля*** определяются «Санитарными правилами и нормами защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи (ВЛ) переменного тока промышленной частоты» (СанПиН 2971-84).

В целях защиты населения от ***воздействия электрического поля***, создаваемого воздушными линиями электропередачи (ВЛ), устанавливаются санитарно-защитные зоны вдоль трассы высоковольтной линии, в которой напряженность электрического поля превышает 1 кВ/м. Для ***вновь проектируемых ВЛ***, а также зданий и сооружений устанавливают границы санитарно-защитных зон вдоль трассы ВЛ с горизонтальным расположением проводов и без средств снижения напряженности электрического поля по обе стороны от нее на следующих расстояниях от проекции на землю крайних фазных проводов в направлении, перпендикулярном к ВЛ:

— 20 м — для ВЛ напряжением 330 кВ;
— 30 м — для ВЛ напряжением 500 кВ;
— 40 м — для ВЛ напряжением 750 кВ;
— 55 м — для ВЛ напряжением 1150 кВ.

Если напряженность электрического поля превышает ПДУ, должны быть приняты меры по ее снижению (удаление от жилой застройки ВЛ; применение экранирующих устройств и др.). В пределах санитарно-защитной зоны запрещается: размещение жилых и общественных зданий и сооружений; площадок для стоянки и остановки всех видов транспорта; предприятий по обслуживанию автомобилей и складов нефти и нефтепродуктов. Ближайшее расстояние от оси проектируемых ВЛ напряжением 750–1150 кВ до границы населенных пунктов, как правило, должно быть не менее:

— 250 м — для ВЛ напряжением 750 кВ;
— 300 м — для ВЛ напряжением 1150 кВ.

Установление величины санитарно-защитных зон в местах размещения передающих радиотехнических объектов осуществляется в соответствии с действующими санитарными правилами и нормами по электромагнитным излучениям радиочастотного диапазона и методиками расчета интенсивности электромагнитного излучения радиочастот.

Для магистральных трубопроводов и систем газоснабжения санитарно-защитные зоны определяются с учетом минимальных расстояний от городов и других населенных пунктов, отдельных объектов, установленных с целью обеспечения их безопасности строительными нормами и правилами. Их величина уточняется и согласовывается с органами и учреждениями государственной санитарно-эпидемиологической службы в каждом конкретном случае.

## 15.3. Проектирование объектов экологической реабилитации

Среди объектов экологической реабилитации рассмотрим переработку твердых бытовых отходов (полигоны ТБО), обезвреживание и захоронение токсичных промышленных отходов (полигоны промышленных отходов).

**Методы и технологии экологической реабилитации.** Государственная экологическая политика РФ в области технологий переработки отходов состоит в том, чтобы не допустить превращения России в большой полигон по переработке отходов других стран. Большинство проектов новых технологий, разработанных за рубежом, предлагаются для внедрения в РФ при условии переработки отходов, поставляемых из этих стран. Чтобы не допустить проникновения в Россию грязных технологий, существует механизм экологической экспертизы техники и технологий. Этой экспертизой был отклонен проект строительства на Дальнем Востоке мусороперерабатывающих заводов, так как предполагалось, что на этих заводах (75% мощности) будет перерабатываться мусор из Калифорнии.

**Переработка твердых бытовых отходов (ТБО).** Во всем мире вследствие роста населения, повышения уровня жизни и увеличения потребления товаров отмечается резкое возрастание количества твердых бытовых отходов. В разных странах количество ТБО, приходящихся на душу населения, составляет от 150 до 1000 кг в год. В России, по последним данным, состав ТБО представлен органическими веществами — 38% (33% пищевых отходов), бумагой — 23–30%, металлами, пластмассой, текстилем, деревом, резиной, кожей, которые составляют от 2 до 7%, стекло составляет от 5 до 8%. Состав ТБО в разных регионах РФ различен и зависит от социальных и физико-географических условий. В Москве ежегодно образуется 2,5 млн т отходов, на одного человека приходится 1 м$^3$ отходов, или 200 кг по массе.

В Московской области в год на полигоны сбрасывают 8 млн т отходов, из них 4 млн — ТБО, 0,5 млн — строительные, 2 млн — промышленные, остальные — иловые осадки или загрязненный грунт. В области 58 санкционированных полигонов (самый крупный — Тимохово занимает 118,8 га и рассчитан на 26 млн 915 тыс. т отходов). В современной практике переработки ТБО используют методы их складирования (захоронения), переработки, утилизации и сжигания.

**Складирование ТБО.** В мировой практике до настоящего времени подавляющее количество ТБО все еще продолжают вывозить на свалки (полигоны): в СССР на свалки вывозили 97% образующихся ТБО, в США — 73%, в Великобритании — 90%, в ФРГ — 70%, в Швейцарии — 25%, в Японии — около 30%. Экологические последствия складирования ТБО на свалках: большая потребность в земле, сложность организации новых свалок в связи с отсутствием свободных земельных участков, загрязнение окружающей среды, потенциальная опасность распространения инфекций, повышенная пожароопасность, потеря ценных компонентов.

**Полигонные свалки** (санитарные свалки) должны оборудоваться по специальным технологиям. Дно свалки планируется с небольшим уклоном, выстилается прочной полиэтиленовой пленкой. Отходы уплотняются и засыпаются слоем песка или глины, затем уплотняются, сверху накладывается новый слой пленки и т.д. Свалки имеют сток в сборник жидкостей, фильтрующихся из отходов и грунта, которые по мере наполнения вывозятся на переработку. После заполнения последних слоев проводится планировка рельефа и другие рекультивационные работы, через несколько лет на месте санитарных свалок можно играть в гольф.

Существует несколько методов **промышленной переработки ТБО:**

- термическая обработка (в основном сжигание);
- биотермическое аэробное компостирование (с получением удобрения или биотоплива);
- анаэробная ферментация (с получением биогаза);
- сортировка (с извлечением тех или иных ценных компонентов для последующего вторичного использования).

**Сжигание** (часто с утилизацией тепла) — в настоящее время технически наиболее отработанный и распространенный метод промышленной обработки ТБО перед их удалением на свалки (в США мусоросжигание рассматривают как один из основных способов продления срока службы свалок). В европейских странах сжиганием перерабатывают 20–25% объема городских отходов, в США — около 15%, в Японии — около 65%. Судя по зарубежным данным, технология прямого сжигания ТБО представляет экологическую опасность вследствие токсичных выбросов (тяжелые металлы, дибензодиоксины, дибензофураны и др.) и является самой дорогостоящей среди альтернативных технологий переработки ТБО.

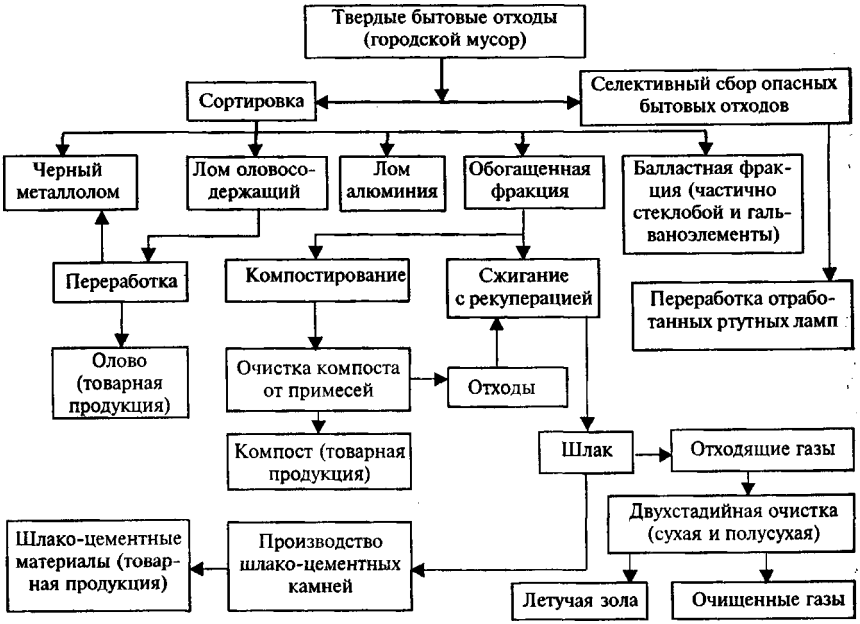



**Рис. 39.** Схема комплексной переработки твердых бытовых отходов

**Биотермическое аэробное компостирование** ТБО в мировой практике большого распространения не получило (в Европе с получением компоста перерабатывают около 2% ТБО, в Японии и США — до 2%). Полученный из ТБО компост улучшает почвенную структуру, влагосодержание, уменьшает эрозию, однако всегда засорен мелким стеклом, камнями, металлами, пластмассой, текстильными отходами и сильно загрязняет почву.

Промышленную технологию оптимально строить по принципу комбинирования методов переработки ТБО (рис. 39). В основе технологии должна быть *сортировка* (в том числе на основе селективного отбора). При этом повышается не только доля рецикла ряда компонентов ТБО как прибавки к сырьевому балансу страны, но и во многом решается вопрос удаления опасных бытовых отходов и балластных компонентов. *Предварительная сортировка* улучшает и ускоряет процесс компостирования органических веществ ТБО, облегчает очистку компоста от примесей, снижает потребную производительность мусоросжигательного оборудования, улучшает состав отходящих газов, существенно повышает уплотняемость свалок неутилизируемых отходов и, как следствие, уменьшает их объем и количество проникающих в почву фильтрационных вод. В США с 1991 г. действует закон о запрещении поставки ТБО без предварительной сортировки на свалки и мусоросжигательные заводы.

**Технологии комплексной переработки ТБО** предусматривают извлечение тех или иных ценных компонентов и их использование в качестве вторичного сырья, удаление балластных компонентов с термической переработкой (сжигание, пиролиз) лишь неутилизируемой и представляющей значительные трудности для отбора части ТБО. Вторично используются черные и цветные металлы (металлургическое производство), легкая фракция (энергетическое использование), органическая фракция (получение компоста и биогаза), шлаки сжигания (производство материалов для малоэтажного строительства). Комплексная переработка ТБО наиболее соответствует современным экологическим и ресурсным требованиям, обеспечивает извлечение ценных компонентов для вторичного использования и получение новой товарной продукции (компост повышенного качества и топливные брикеты). Выход отходов переработки не превышает 10—15% (по массе).

**Технологическая схема переработки ТБО** в общем виде должна представлять комбинацию процессов селективного отбора (обязательно — отработанные люминесцентные лампы, возможно — батарейки и стеклобой), механизированной сортировки (извлечение металлов, выделение текстильной и крупногабаритной фракции, частичное удаление стеклобоя и батареек), термической обработки отходов обогащения с утилизацией продуктов сжигания (шлаков и тепла отходящих газов). При этом все вопросы селективного отбора и переработки собранного вторичного сырья должны решаться на стадии проектирования. По-видимому, получать компост из органической фракции ТБО применительно к регионам Севера и Сибири нецелесообразно. Более рационально биотермическое компостирование использовать в южных и средних регионах России.

## Переработка промышленных отходов

При переработке промышленных отходов применяют *термические, физико-химические* технологии и *биотехнологии*. При выборе технологии переработки отходов помимо технологических параметров оценивается ее экологичность и экологическая безопасность, а также экономическая эффективность, выраженная в себестоимости переработки одной тонны (долл./т). В настоящее время стоимость переработки одной тонны промотходов составляет 0,2—10 тыс. долл.

**Термические технологии** позволяют обезвреживать любые органические и неорганические соединения. При высоких температурах в окислительном или восстановительном режиме продукты терморазложения подвергаются химическим взаимодействиям с образованием нетоксичных газообразных, жидких и твердых продуктов. Токсичные вещества первого и второго классов опасности, включая отравляющие вещества, диоксиды, пестициды, могут быть обезврежены только плазменным методом.

При *плазмохимическом методе* высокие температуры (выше 3000 °К), регулируемые параметры давления и состава плазмообразующих газов позволяют перерабатывать отходы на 99,999%. Особенно эффективен метод для обезвреживания трудногорючих и негорючих соединений, а также органических, хлор-фтор-фосфор-сероорганических. Плазменная технология энергоемка, для разложения 1 кг вещества необходимо 0,5–3 КВт/ч энергии, но по сравнению с технологией сжигания отходов в смеси с топочными газами и воздухом экологически безопаснее, так как процесс строго регулируется по давлению, температуре и составу газа.

**Термические технологии** дают твердые отходы и позволяют использовать вторичное тепло. Из термических технологий в России широко применяется огневое окислительное обезвреживание, которое представляет определенную экологическую опасность, так как не разработаны системы очистки отходящих газов. Более перспективен метод безокислительного пиролиза, среди преимуществ метода — получение технологического газа, а в ряде случаев минерального продукта — сорбента, экологическая чистота и безопасность процесса, значительно меньшее количество твердого остатка, снижение в 3–4 раза объема очищенного газа, использование полученного газа для технологических и бытовых целей. Использование мощного СВЧ нагрева для этой технологии снизит ее энергопотребление, и в будущем возможно наряду с плазменной технологией ее использование в передвижных комплексах по переработке токсичных отходов.

**Физико-химические технологии** предназначены для использования отходов как сырья при получении полезного продукта. Физико-химическими методами из отходов извлекаются полезные компоненты, а также промышленные отходы перерабатываются в удобрения, строительные материалы и т.д. Это в основном технологии утилизации отходов и комплексного использования сырья.

**Биотехнологии** используют микроорганизмы для извлечения полезных компонентов промышленных отходов. Биотехнологическое извлечение тяжелых металлов основано на том, что некоторые бактерии (Thoobacilius ferroxydans) выщелачивают медь, цинк, железо и другие металлы, окисляя их серной кислотой, которая образуется этими бактериями из сульфидов металлов. Микроорганизмы могут извлекать медь и кадмий. Например, из растворов грибами можно извлекать свинец, цинк, никель, кобальт, серебро, ртуть. Разработана биотехнология утилизации сырой нефти. Разработаны методы очистки поверхности морей при разливах нефти методом внесения бактерий с кормовыми веществами. Бактерии Nocardia Sp. Rhodococeus zhodochrous используются для очистки сточных вод и почв от нефти, при реализации этой технологии осуществляется периодический полив земель водой до полной утилизации нефти бактериями. В целом биотехнологии являются наиболее экологичными технологиями переработки промышленных отходов.

### Лицензирование отходной деятельности

Вся деятельность, связанная с размещением, складированием, захоронением и уничтожением отходов, **лицензируется**.

Экологическое обоснование лицензий должно содержать*:

- информацию о предприятии: месторазмещение, занимаемая площадь, технологические схемы (способы складирования, размещения, захоронения, утилизации), отходы технологического оборудования, его производственные мощности, мощности очистных сооружений, степень их загрузки, наличие проекта предприятия, утвержденного в установленном порядке;
- сведения об отходах: перечень принимаемых отходов, их количество (объем), ежегодное поступление, физико-химическое состояние, токсичность, опасность;
- обоснование нормативов образования отходов (в соответствии с технологией производства);
- краткую характеристику состояния природной среды в районе размещения предприятия;
- разрешения на выброс загрязняющих веществ в атмосферу, водопользование и сброс сточных вод;
- экологические ограничения по складированию (размещению, захоронению) отходов, исходя из экологического состояния территории и опасности ее загрязнения;
- сведения о фактических сбросах, выбросах и отходах;
- мероприятия по соблюдению экологических ограничений, нормы и правила;
- сведения о действиях в условиях чрезвычайной ситуации; предложения лицензиата по снижению токсичности отходов.

## 15.4. Экологическое обоснование полигонов ТБО и полигонов промышленных отходов

**Полигоны ТБО** — специальные сооружения, предназначенные для изоляции, хранения, обезвреживания твердых бытовых отходов. Они создаются для обеспечения санитарно-эпидемиологической безопасности населения для одного или нескольких населенных пунктов. В них складируются твердые бытовые отходы, строительный мусор и нетоксичные твердые промышленные отходы третьего-четвертого классов опасности.

На полигонах обеспечивается статическая устойчивость ТБО с учетом динамики уплотнения, минерализации, газовыделения, максималь-

---

* Согласно инструкции по обоснованию хозяйственной и иной деятельности Минприроды РФ, 1995.

ной нагрузки на единицу площади, возможности рационального использования территории после закрытия полигона. Чаще всего под полигон ТБО роется котлован, грунт из которого используется для промежуточной и окончательной изоляции уплотненных слоев ТБО. Для складирования менее 120 тыс. м$^3$ ТБО в год используются траншеи, основание которых заглубляется не менее чем на 0,5 м в глинистые грунты. Полигон состоит из двух частей: территории складирования ТБО и хозяйственной зоны, он ограничивается либо оградой, либо осушительной траншеей глубиной более 2 м, либо валом высотой не более 2 м.

Экологические требования формулируются как для стадии проектирования — соблюдение санитарных правил проектирования и эксплуатации полигонов*, так и для процесса эксплуатации полигона (соблюдение экологических нормативов устройства полигона, его эксплуатации, отходов, методов захоронения и складирования, показателей санитарной оценки вод и почв, санитарно-гигиенических нормативов).

## Экологические требования к размещению полигонов ТБО

Размещение полигонов ТБО должно быть согласовано с генеральным планом или проектом застройки города и его пригородной зоны. Не допускается размещение полигонов ТБО в зонах санитарной охраны источников водопотребления, в других водоохранных зонах, в местах выхода на поверхность трещиноватых пород, в местах выклинивания водоносных горизонтов, в поймах рек и на болотах, в зонах охраны курортов, в рекреационных зонах.

В результате инженерно-экологических, геологических, гидрологических, гидрогеологических изысканий производится оценка возможности использования территории под полигон ТБО. Перспективны места, где существует экран из глин или тяжелых суглинков с уровнем залегания грунтовых вод более 2 м, без выхода их на поверхность в виде ключей, не рекомендуется размещать полигоны на болотах глубиной более 1 м. В геоморфологическом отношении предпочтение отдается ровным поверхностям с отсутствием возможности смыва фильтрата атмосферными осадками или грунтовыми водами в речные долины и водоемы. Допускается использование оврагов под полигоны ТБО, начиная с верховьев, при этом перехват талых, ливневых вод и фильтрата обеспечивается отводными нагорными канавами.

Возможность образования жидкой фазы-фильтра в толще ТБО прогнозируется с учетом годовых атмосферных осадков, испарительной способности почв, влажности складируемых отходов. Проектируются меры защиты водоносных горизонтов от проникновения в них фильтрата-водоупоры, дренирование полигона, сбор ливневых вод и

---

* СанПиН 2.17.1038-01. Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов от 30 мая 2001 г.

фильтрата. В зеленой зоне полигона проектируются контрольные гидрогеологические скважины, выше и ниже полигона. При проектировании устанавливается размер санитарно-защитной зоны — 500 м от границ полигона до селитебной территории, размер санитарно-защитной зоны также может устанавливаться по изолинии 1 ПДК по результатам расчетов газообразных выбросов в атмосферу.

**Экологические (гигиенические) требования к эксплуатации полигона ТБО.** Сжигание ТБО на полигонах запрещается. Складирование отходов происходит по рабочей карте с ежесуточной изоляцией уплотненных слоев в летний период, а при температуре +5 °С не позднее трех суток со времени складирования. Изоляция осуществляется грунтом, используются также шлаки, отходы, битый кирпич, известь, мел, бетон и т.д. Закрытие полигона осуществляется после отсыпки его на предусмотренную высоту с изолированием грунтом не менее 0,6–1,5 м. Закрытые полигоны ТБО после биологической рекультивации поверхности используются под лесопарки, рекреацию, складские помещения, не допускается использование бывшего полигона ТБО под капитальное строительство, особенно жилое.

**Проект производственного экологического контроля полигона ТБО** включает в себя: контроль за состоянием подземных и поверхностных водных объектов, атмосферного воздуха, почв, уровней шума. Программа контроля разрабатывается в проекте самими владельцами полигона с соблюдением санитарно-эпидемиологических требований и согласовывается с территориальным УГСЭН. **Грунтовые воды** в зависимости от глубины их залегания контролируют в проектируемых шурфах, колодцах или скважинах в зеленой зоне полигона и за пределами санитарно-защитной зоны. Фоновые наблюдения производятся выше полигона, на территориях, где отсутствует влияние фильтрата.

**Поверхностные воды** контролируются выше и ниже полигона, а также в водоотводных канавах. В грунтовых и поверхностных водах определяется содержание аммиака, нитритов, нитратов, гидрокарбонатов, кальция, хлоридов, железа, сульфатов, лития, магния, кадмия, хрома, свинца, ртути, мышьяка, меди, бария, органического углерода, pH, ХПК, БПК, органического углерода, сухого остатка, пробы также исследуются на гельминтологические и бактериологические показатели. Если в пробах, отобранных ниже по потоку, содержание концентраций веществ значительно превышает фоновые, то необходима разработка мер по ограничению поступления загрязняющих веществ в грунтовые воды, особенно при превышении ПДК.

В проекте производственного экологического контроля, который согласовывается с СЭН, за **состоянием атмосферы** рекомендуют ежеквартальный отбор атмосферного воздуха над отработанными участками полигона и на границе санитарно-защитных зон на содержание соединений, выделяющихся в процессе биохимического разложения ТБО, определяют метан, сероводород, аммиак, окись углерода, бензол, трихлорметан, углерод, хлорбензол.

В проекте производственного экологического мониторинга предусматривается контроль за **состоянием почв** в зоне возможного влияния полигона по химическим, микробиологическим и радиологическим параметрам. В числе химических показателей контролируется содержание тяжелых металлов, нитратов, нитритов, гидрокарбонатов, органического углерода, pH, цианидов, свинца, ртути, мышьяка, из микробиологических показателей исследуются общее бактериальное число, коли-титр, титр протел, яйца гельминтов.

**Экологические требования к рекультивации** отработанных карьеров — это прежде всего требования к засыпке и составу ТБО, в которых пищевые отходы не должны превышать 15%. Размер санитарно-защитной зоны для рекультивируемого карьера равен размеру санитарно-защитной для мусороперегрузочных станций ТБО и составляет не менее 100 м от жилой застройки.

**Экологические требования к проектированию полигонов по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов*** идентичны к полигонам ТБО, однако специфика их обусловлена более высокой токсичностью отхода. Полигоны являются природозащитными объектами и предназначены для сбора, транспортировки, обезвреживания и захоронения неутилизированных токсичных промышленных отходов и их обработки с целью уничтожения либо превращения в нерастворимые в воде остатки, которые можно складировать в карты.

Токсичные промышленные отходы разделяются на твердые, пастообразные и жидкие, по токсичности на четыре класса опасности: I класс — *чрезвычайно опасные*, II — *высокоопасные*, III — *умеренно-опасные*, IV — *малоопасные*. Класс опасности отходов определяется в зависимости от величины индекса опасности $K_i$, который рассчитывается на основе ПДК элемента в почве. Технологии переработки промышленных отходов рассмотрены выше. Вся деятельность с промышленными токсичными отходами, начиная с их сбора и временного хранения на промышленном предприятии, транспортировки на полигон, приемом, обезвреживанием, обработкой и захоронением на полигоне, таит в себе серьезную экологическую опасность, поэтому эта деятельность осуществляется по правилам, предусматривающим защиту природной среды и населения от воздействия токсичных отходов. Особенно серьезные экологические требования предъявляются к проектированию дождевой, хозяйственно-бытовой канализации и дренажа, к конструкциям противофильтрационных экранов, завес и пластового дренажа, к оценке герметичности экранов и т.д. Проектируется и система дистанционного контроля с автоматическими химическими анализаторами, с автоматическими пробоотборниками, с автоматическими задвижками в трубопроводах химически загрязненных вод, коллекторах дождевой канализации и т.д.

---

[4] Пособие по проектированию полигонов по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов (к СНиП 2.01.28-85). М., 1990.

# Часть III

# ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА

Глава 16. *Методология, нормативная база и принципы экологической экспертизы*

Глава 17. *Опыт экологических экспертиз крупных проектов*