



**БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

BRYANSK STATE AGRARIAN UNIVERSITY



ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

КАФЕДРА БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ

Н.Е. САКОВИЧ

Д.С. МАРИНИНА



МОНИТОРИНГ БЕЗОПАСНОСТИ

КУРС ЛЕКЦИЙ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

ДЛЯ СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ 20.04.01 ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

(УРОВЕНЬ МАГИСТРАТУРЫ)

Брянская область

2021

УДК 614.8 (07)

ББК 68.9

С 15

Сакович, Н. Е., Маринина Д.С. Мониторинг безопасности. Курс лекций: учебное пособие для студентов направления 20.04.01 Техносферная безопасность (уровень магистратуры) / Н. Е. Сакович, Д.С. Маринина. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2021. – 63 с.

Рецензенты:

Начальник УМЦ по ГОЧС Брянской области Ю.А. Малашенко

начальник отдела охраны труда и окружающей среды АО «Брянксельмаш»

М.Е. Симбирцева

В данном учебном пособии приведены сведения о научных и практических достижениях в области знаний по мониторингу безопасности жизнедеятельности, окружающей среды, промышленной безопасности, проведении экологической экспертизы технологического процесса, объектов промышленности.

Рекомендовано к изданию методической комиссией инженерно-технологического института Брянского ГАУ, от 26 февраля 2021 г. протокол №5.

© Сакович Н.Е., 2021

© Маринина Д.С., 2021

© Брянский ГАУ, 2021

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	4
КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ МОНИТОРИНГА.....	5
МОНИТОРИНГ ТЕРРИТОРИЙ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ И ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ..	8
МОНИТОРИНГ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	14
МОНИТОРИНГ РАЙОНОВ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ.....	23
МОНИТОРИНГ И ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПОЧВЫ.....	28
МОНИТОРИНГ ТЕРРИТОРИЙ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ И ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ	33
МОНИТОРИНГ РАЙОНОВ АЭС.....	47
ПРИМЕРЫ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ.....	56
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	61

ВВЕДЕНИЕ

Мониторинг является важнейшим элементом оценки опасностей технологических процессов и природных систем в техносфере. Основу мониторинга составляют системы наблюдения за состоянием окружающей природной среды, методы прогноза развития изменений в природе в результате хозяйственной деятельности человека и осуществление профилактических и защитных мероприятий в его техногенной деятельности.

Мониторинг безопасности приобрел в настоящее время характер актуальной проблемы государственного масштаба.

Успешное изучение курса студентами возможно при наличии соответствующей учебной литературы. Предлагаемое вниманию студентов и преподавателей учебное издание подготовлено в соответствии с учебной программой курса «Мониторинг безопасности» для студентов направления подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность (уровень магистратуры).

Одной из основных задач в подготовке квалифицированного специалиста по данному направлению является умение оценивать состояние окружающей среды с позиции безопасности.

.

КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ МОНИТОРИНГА

Классификацию мониторинга осуществляют по различным признакам: по комплексу решаемых задач, объектам наблюдений, пространственному уровню, методам реализации (табл. 1).

Таблица 1

Классификация видов мониторинга

Признак классификации	Вид мониторинга
Универсальность системы	Глобальный экологический мониторинг (планетарный)
Компоненты биосферы	Мониторинг атмосферы, водного бассейна, почвы, геологический
Загрязнение природной среды	Химический, биологический, радиационный
Виды техногенного воздействия на природу	Мониторинг химических, биологических, радиационных источников загрязнения
Методы наблюдений	Мониторинг по физическим, химическим и биологическим показателям, спутниковый (космический)
Комплексность наблюдений	Медико-биологический, биохимический, геофизический

В зависимости от освоения того или иного района (территории), в рамках которого осуществляется мониторинг безопасности, **выделяют:**

- ✓ мониторинг городских территорий (населенных мест или городских агломераций);
- ✓ районов горнодобывающих и химических предприятий;
- ✓ районов гидротехнических сооружений;
- ✓ районов сельскохозяйственного и гидромелиоративного освоения;
- ✓ районов АЭС;
- ✓ районов транспортных линейных сооружений.

Перечисленные виды, отражая специфику техногенной нагрузки на ту или иную территорию, являются, как правило, объектами для комплексных видов мониторинга безопасности жизнедеятельности. От того, какими службами организован мониторинг безопасности жизнедеятельности, выделяются два вида: государственный (федеральный) и отраслевой (ведомственный). Первый планируется, заказывается и организуется централизованно государственными (федеральными) правительственными органами управления: министерствами, государственными комитетами и так далее, второй организуется по инициативе отдельных ведомств (например, транспортных, нефтедобывающих) и отраслей промышленности. Отраслевые системы мониторинга должны быть составными частями государственной (федеральной) системы, а не самостоятельными службами.

В зависимости от ранга организации и масштаба исследований мониторинг безопасности жизнедеятельности может быть детального, локального, регионального, национального (государственного) и глобального уровня, в соответствии с рассмотренными выше определениями видов мониторинга, отличающимися друг от друга объектами наблюдения, можно говорить о простых и сложных (комплексных) системах мониторинга.

Локальный мониторинг окружающей среды предназначен обеспечить оценку изменения окружающей среды под влиянием действующего или проектируемого объекта. Ответственными за организацию локального мониторинга являются органы местного самоуправления.

Локальные системы объединяются в более крупные системы регионального мониторинга окружающей среды, охватывающие территории края, области или нескольких краев и областей. Региональный мониторинг окружающей среды предназначен обеспечить оценку изменений окружающей среды территорий комплексного антропогенного освоения. Он базируется на государственных источниках информации. Ответственными за организацию регионального мониторинга являются органы государственной власти субъектов Российской Федерации, Система регионального мониторинга реализована в пределах одного государства в единую национальную (государственную) сеть мониторинга и образует, таким образом, национальный уровень системы мониторинга.

Система национального (государственного) уровня мониторинга окружающей среды является необходимой предпосылкой для соблюдения законода-

тельства в области охраны недр и экологии; систематического контроля за состоянием всех компонентов окружающей среды; обеспечения эффективной и экологически безопасной инженерно-хозяйственной деятельности. Государственный мониторинг окружающей среды (государственный экологический мониторинг) осуществляется в соответствии с законодательством Российской Федерации и законодательством субъектов Российской Федерации. Порядок организации и осуществления государственного мониторинга окружающей среды (государственного экологического мониторинга) устанавливается правительством Российской Федерации.

В рамках экологической программы ООН поставлена задача объединения национальных систем мониторинга в единую межгосударственную сеть - Глобальную систему мониторинга окружающей среды. Ее назначение - осуществление мониторинга за изменениями в окружающей среде на Земле в целом, в глобальном масштабе. Глобальный мониторинг - это система слежения за состоянием и прогнозирование возможных изменений общемировых процессов и явлений, включая антропогенные воздействия на биосферу в целом. Глобальная система мониторинга окружающей среды призвана решать общечеловеческие экологические проблемы в рамках всей Земли, такие, как глобальное потепление климата, вопросы сохранения озонового слоя, прогнозирование землетрясений, опустынивания и эрозии почв, наводнений, засухи, сохранение лесов и т.д.

Составной частью Федеральной службы России по мониторингу окружающей среды наряду с мониторингом биосферы, атмосферы, гидросферы, почвы является мониторинг геологической среды.

Формирование единой национальной системы мониторинга России является одной из задач Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации, Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, а также республиканских, областных и краевых комитетов по охране природы Российской Федерации. Кроме того, в создании единой федеральной системы мониторинга окружающей среды заинтересована и Межведомственная комиссия Совета Безопасности Российской Федерации по экологической безопасности, образованная Указом Президента Российской Федерации № 812 от 25 апреля 1994 г.

МОНИТОРИНГ ТЕРРИТОРИЙ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ И ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Мониторинг территорий нефтегазопроводов и транспортных систем

Природно-технические линейные системы нефте- и газопроводов имеют свои специфические особенности, которые необходимо учитывать при организации мониторинга геологической среды территорий, на которых располагаются нефте- и газопроводы. Основными из них являются:

- ✓ значительная протяженность трасс газопроводов, проходящих через разные климатические и природные зоны с разнообразными инженерно-геологическими условиями;
- ✓ тенденции увеличения технологических нагрузок на трубопроводы, связанные с возрастанием объемов перекачиваемых продуктов;
- ✓ чрезвычайно серьезные экологические последствия для окружающей среды, возникающие в случае аварий трубопроводов, особенно нефтепроводов, из чего следует необходимость обеспечения достаточно высокой надежности работы этих сооружений;
- ✓ увязка различных сооружений газо- и нефтепроводов с инженерными комплексами осваиваемых месторождений.

Как правило, крупнейшие нефте- и газопроводы (конденсатопроводы) должны включаться в систему мониторинга вместе со всей инженерной структурой освоения месторождения. Например, освоение крупнейших газовых месторождений на территории Западной Сибири и на северо-востоке европейской части России в настоящее время ведется путем сооружения отдельных газовых промыслов, состоящих из установок комплексной подготовки газа и дожимных компрессорных станций. Промыслы размещаются по осевой линии месторождения в пределах коридора основных коммуникаций, где сооружаются по 2-3

нитки газопровода-коллектора диаметром труб 1200-1400 мм, а также 1-2 нитки водоводов, линии электропередачи и автомобильная дорога с покрытием бетонными плитами. Большинство газопроводов-коллекторов и магистральных газопроводов прокладывается подземным или полуподземным способом (полузаглубленным) с обваловкой или в насыпи. В процессе освоения крупных нефтяных и газовых месторождений в связи с необходимостью добычи, очистки и транспортировки полезного ископаемого создается сложно построенная региональная природно-техническая система, захватывающая огромную территорию, отличающаяся большой протяженностью, а в условиях России к тому же часто расположенная или частично проходящая в криолитозоне.

Опыт борьбы с многочисленными деформациями различных сооружений вдоль трасс нефте- и газопроводов показал, что эксплуатационная надежность газо- или нефтедобывающих комплексов и трубопроводов в сложных инженерно-геологических условиях не может быть обеспечена проведением отдельных ремонтных работ и мероприятий по инженерной защите данной системы.

Если пространственно-временная структура мониторинга геологической среды определяется целью управления, режимом эксплуатации, а также инженерно-геологическими условиями, определяющими характер и интенсивность взаимодействия между различными типами сооружений и геологической средой, то при создании мониторинга территорий трасс трубопроводов оценивают инженерно-геологические условия территории и анализируют техногенную нагрузку вдоль трассы. На основе сопоставления карт и другой информации составляется прогноз взаимодействия геологической среды и инженерных сооружений вдоль всей трассы и разбивается наблюдательная сеть мониторинга. Рассмотренная выше общая методика организации системы мониторинга остается в силе и для территорий газо- и нефтепроводов.

Исходными материалами для составления прогнозов изменения инженерно-геологических условий служат следующие данные:

- ✓ опережающие инженерно-геологические съемки среднего масштаба;
- ✓ детальные данные предпостроечных изысканий;

- ✓ результаты режимных наблюдений за изменением тех или иных компонентов геологической среды при их взаимодействии с инженерными сооружениями;
- ✓ повторные обследования промплощадок и трасс трубопроводов и повторных площадных съемок;
- ✓ многозональные космические и аэрофотосъемки предпостроечной ситуации и последующих залетов, а также тепловая съемка.

Прогноз изменения инженерно-геологических условий по трассам газо- и нефтепроводов осуществляться в три этапа:

I - региональный прогноз изменений инженерно-геологических условий на основе анализа структуры полей геологических параметров, характеризующих состояние геологической среды до и после освоения территории;

II - прогнозное инженерно-геологическое районирование территории по характеру взаимодействия различных типов сооружений с геологической средой;

III - локальный количественный прогноз геологических параметров, определяющих устойчивость ПТС, Общая структура мониторинга геологической среды вдоль трассы трубопровода включает в себя подсистемы регионального, локального и детального уровней.

Состояние подземных газопроводов по сравнению с проектным может оцениваться по такому показателю, как, например, «стабильность» (S), предложенному в 1988 г. В.В. Пендиным с сотрудниками. Показатель стабильности варьирует в пределах от 1 до 0, причем значение $S = 1$ соответствует полному отсутствию деформаций сооружения, превышающих предусмотренные проектом, а при $S = 0$ сооружение выходит из строя в результате развития инженерно-геологических процессов. Классификация состояния газопроводов по «стабильности» приведена в таблице 2.

Существует специфика мониторинга геологической среды и на территориях, по которым проходят различные линейные транспортные геотехнические системы. Среди них первостепенное значение имеют железные дороги и автомобильные трассы.

Классификация состояния подземных газопроводов по стабильности (S)

Пункт	Стабильность, S	Состояние газопровода	Возможные дефекты
1	1	Газопровод полностью соответствует проекту	-
2	0,7	Газопровод обнажен частично	Разрушение гидроизоляции, активизация коррозии, потенциальная возможность разрушения соседних ниток при аварии одной из них
3	0,5	Газопровод обнажен полностью	То же, что в п.2; газопровод не заземлен, подвижен, создаются условия для развития скрытых дефектов трубы
4	0,3	Газопровод обнажен полностью, наличие арок, змеек	То же, что в п.3; возможна работа трубы при напряжениях выше допустимых
5	0,1	Газопровод обнажен, арки, змейки с гофрами	То же, что в п.4; возможно течение материала трубы
6	0	Разрыв трубы газопровода	

. Главными особенностями этих ПТС, которые необходимо учитывать при организации мониторинга геологической среды, являются:

- ✓ большая протяженность транспортных линейных магистралей и вследствие этого большое разнообразие вдоль трасс инженерно-геологических условий;
- ✓ возрастающая год от года нагрузка на транспортные магистрали, обусловленная общей тенденцией увеличения грузоперевозок, внедрением перевозок сдвоенными тяжеловесными составами и т.п.;
- ✓ усиливающиеся тенденции активизации техногенных изменений геологической среды вдоль транспортных магистралей.

Воздействия транспорта на геологическую среду не локальны, так как сеть железных и автомобильных дорог разного класса, воздушных трасс, судо-

ходных рек, ЛЭП охватывает все регионы страны. Продукты неполного сгорания транспорта попадают в атмосферу и разносятся ветром, но они накапливаются в течение времени во всех компонентах окружающей, и в том числе геологической среды. Наибольшему загрязнению, естественно, подвергаются придорожные зоны. Исследования показывают, что в полосе магистральных автомобильных дорог первого класса шириной 30—50 м в почвах, грунтовых водах и растительности накапливаются нефтепродукты, свинец, цинк и другие тяжелые металлы в концентрациях, значительно превышающих ПДК. Трасса длиной 100 км загрязняет геологическую среду сверх ПДК на площади 500 га. В районах аэродромов образуются устойчивые зоны загрязнения почв и фунтовых вод керосином и некоторыми тяжелыми металлами, при этом очаги загрязнения выходят за территорию взлетно-посадочных полос.

На инженерно-геологические условия территории воздействует как строительство, так и эксплуатация транс портных систем. Они способны активизировать природные или вызвать к жизни техногенные экзогенные геологические процессы: оползни, обвалы, пывуны, суффозию, карст, эрозию, заболачивание и т.д. Вибрационное воздействие от тяжелогруженных автомашин и поездов интенсифицирует оползни, обвалы, осыпи, лавины и другие гравитационные явления.

В настоящее время компании автомобильных или железных дорог страны не имеют не только собственных сил для обеспечения надежности инженерной защиты эксплуатирующихся сооружений, но и достаточно обоснованной картины современного состояния транспортных геотехнических систем с точки зрения наличия опасных участков. Компании также не могут в полной мере прогнозировать изменения геологической среды. В связи с этим организация систем мониторинга по основным трассам автомобильных и железных дорог является государственной задачей.

На трассах автомобильных и железных дорог существует геотехнический контроль, призванный обеспечивать надежное, безаварийное функционирование трасс, сохранность и обслуживание системы инженерной защиты маги-

стралей. Геотехнический контроль призван обеспечивать и режимные наблюдения по трассам при организации мониторинга геологической среды. На железных дорогах России геотехнический контроль осуществляется в соответствии со сложившейся организационной структурой управления, которая включает в себя следующие подразделения: управление дороги, отделение дороги, дистанция пути, околоток. В состав отделения дороги включаются обычно 2-3 дистанции пути, а в состав дистанции - ряд околотков. Каждый околоток охватывает 20-25 км трассы железной дороги. Поэтому уровневая система мониторинга геологической среды железнодорожных трасс должна строиться с учетом этой структуры.

Мониторинг геологической среды дистанции пути соответствует локальному уровню, основной задачей которого является оценка состояния инженерной защиты дистанции с разработкой рекомендаций по комплексу защитных мероприятий и укрупненным определением их стоимости. На этом уровне проводится оценка динамики развития различных неблагоприятных геологических и инженерно-геологических процессов за периоды строительства и эксплуатации дороги, разрабатываются управляющие решения и рекомендации по функционированию системы защитных мероприятий. Исследования и наблюдения ведутся с помощью аэрофотосъемки, анализа материалов обычных аэрофотосъемок залетов разных лет, а также наземных инженерно-геологических обследований. Карта прогноза состояния геологической среды вдоль дистанции пути по степени устойчивости её элементов к техногенным воздействиям строится в масштабе 1:10 000 или 1:25 000.

Мониторинг геологической среды железнодорожной трассы отделения дороги соответствует региональному уровню. Он объединяет в себе локальные информационные сети детального и локального уровней в пределах всего отделения дороги. На этом уровне мониторинга обосновывается финансирование системы защитных мероприятий по предотвращению аварийных ситуаций, составляется кадастр проявлений геологических и инженерно-геологических про-

цессов, оценка их активности и возможного воздействия на инженерные сооружения. Новые данные наблюдений получают с помощью космической многозональной фотосъемки, наземных инженерно-геологических обследований и аэровизуальных работ. Мониторинг геологической среды вдоль железнодорожной трассы всего управления дороги относится к национальному уровню, объединяя в себе региональные системы мониторинга отделений. Его назначением является управление всей системой мониторинга данной дороги, обоснование нормативных документов для организации и финансирования службы мониторинга. Помимо обработки и обобщения поступающей информации из систем мониторинга низших уровней, информацию также получают с помощью космической многозональной фотосъемки. Картографические модели для всего управления дороги строятся в масштабе 1:100 000 или 1:250 000.

Таким образом, организация мониторинга геологической среды вдоль трасс трубопроводов и линейных транспортных сооружений является актуальной задачей, реализация которой позволит добиться повышения надежности работы инженерных сооружений.



МОНИТОРИНГ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Актуальность проблемы обеспечения экологической и промышленной безопасности особенно возрастает на современном этапе социально-экономических преобразований и развития производительных сил, когда из-за трудно предсказуемых социальных, техногенных и экологических последствий чрезвычайных ситуаций возникает угроза существованию человеческого общества.

В России общий экономический ущерб от аварий техногенного характера превышает 2,0 млрд. руб. в год. Проблема предупреждения техногенных происшествий и аварийности приобретает особую актуальность в атомной энерге-

тике, химической промышленности, при эксплуатации военной техники, где используются мощные источники энергии, экологически опасные высокотоксичные и агрессивные вещества.

Система обеспечения промышленной и экологической безопасности основана на организационных, управленческих и технических принципах.

Значительное место в проблеме обеспечения промышленной и экологической безопасности занимает оценка безопасности при нормальной эксплуатации путем мониторинга на производственном объекте. Объектом мониторинга и аудита промышленной и экологической безопасности является комплекс взаимодействий в системе человек - машина - природа, а предметом изучения безопасности - закономерности возникновения и предупреждения происшествий при функционировании таких систем.

Одним из принципов системы обеспечения промышленно-экологической безопасности является ее декларирование. В Федеральном законе «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.97 № 116-ФЗ предусмотрена разработка декларации промышленной безопасности, предполагающая всестороннюю оценку риска аварий и связанной с ним социально-экономической и экологической угрозы на основе мониторинга и аудита безопасности объекта.

Мониторинг и анализ риска аварий на опасных производственных объектах является составной частью управления промышленно-экологической безопасностью. Мониторинг риска заключается в систематическом использовании всей доступной информации для идентификации опасностей и оценки риска возможных нежелательных событий.

Результаты мониторинга и анализа риска используют при декларировании промышленной безопасности опасных производственных объектов, экспертизе промышленной и экологической безопасности, обосновании технических решений по обеспечению безопасности, страховании, экономическом анализе безопасности, оценке воздействия хозяйственной деятельности на окру-

жающую природную среду.

Основные задачи мониторинга и анализа риска аварий на опасных производственных объектах заключаются в следующем:

- ✓ информации о состоянии промышленной и экологической безопасности объекта;
- ✓ сведениях о наиболее опасных местах объекта с точки зрения безопасности;
- ✓ обоснованных рекомендациях по уменьшению риска.

Для проведения мониторинга и анализа риска, установления его допустимых пределов в связи с требованиями безопасности и принятия управляющих решений необходимы:

- ✓ наличие информационной системы, позволяющей оперативно контролировать существующие источники опасности и состояние объектов возможного поражения;
- ✓ сведения о предполагаемых направлениях хозяйственной деятельности, проектах и технических решениях, которые могут влиять на уровень техногенной и экологической безопасности, а также программы для вероятностной оценки связанного с ними риска;
- ✓ экспертиза безопасности и сопоставление альтернативных проектов и технологий, являющихся источниками риска;
- ✓ составление прогнозов и аналитическое определение уровня риска, при котором прекращается рост числа техногенных и экологических поражений.

Мониторинг опасностей начинают с предварительного исследования, позволяющего идентифицировать источники опасности. На стадии идентификации опасностей и предварительных оценок риска рекомендуется применять методы качественного анализа и оценки риска.

Качественные методы мониторинга опасностей и риска позволяют определить источники опасностей, потенциальных аварий и несчастных случаев, последовательность развития событий, пути предотвращения аварий (несчастных случаев) и смягчения последствий.

Качественные методы анализа опасностей включают:

- ✓ предварительный анализ опасностей;
- ✓ анализ видов и последствий отказов;
- ✓ анализ опасности и работоспособности;
- ✓ анализ ошибок персонала;
- ✓ причинно-следственный анализ;
- ✓ анализ «деревя отказов»;
- ✓ анализ «деревя событий»;
- ✓ количественный анализ риска.

Предварительный анализ опасностей включает перечень опасностей, в котором указывают идентифицированные источники опасностей, повреждающие факторы, потенциальные аварии, выявленные недостатки. Изучают технические характеристики объекта, системы, процесса, используемые энергетические источники, рабочие среды, материалы и устанавливают их повреждающие свойства.

Химическая и добывающая промышленность

В России зарегистрировано примерно 3600 химических опасных объектов. По различным оценкам 146 городов с населением 100 тыс. человек расположены в зонах повышенной химической опасности. С 1992 по 1996 г. произошло более 250 аварий с выбросом опасных химических веществ, во время которых пострадали более 800 и погибли 69 человек. Более 25% аварий произошло из-за эксплуатации оборудования сверх нормативного срока, коррозии оборудования и неработоспособности контрольно-измерительной аппаратуры.

Одним из важных компонентов разных отраслей промышленности горнохимического сырья и промышленного производства являются так называемые промышленные сточные воды, имеющие специфический состав в отличие от бытовых сточных вод.

Промышленные сточные воды - это жидкие отходы промышленного про-

изводства, содержащие различные химические вещества. Попадая тем или иным путем в геологическую среду, сточные воды загрязняют ее различными компонентами. В связи с этим они должны находиться в сфере повышенного внимания в системе мониторинга геологической среды. Разнообразие типов промышленных производств определяет многокомпонентность состава этих сточных вод. Для каждой отрасли промышленности характерно присутствие в сточных водах свойственных этой отрасли химических соединений. Насчитываются тысячи химических веществ, которые могут находиться в сточных водах. Среди них минеральные и органические соединения разных классов: соли, кислоты, щелочи, спирты, альдегиды, кетоны, хлор-, фосфор- и металлоорганические соединения, радиоактивные изотопы.

Промышленность горнохимического сырья, включающая в себя все виды обогащения полезных ископаемых, чрезвычайно многообразна, разнохарактерна и оказывает существенное влияние на геологическую среду. В горнохимической промышленности есть некоторые виды, приводящие к региональным изменениям геологической среды.

В таблице 3 представлены средние данные о размерах зон влияния горнодобывающих и обогатительных предприятий.

Наиболее распространёнными химическими веществами, поступающими в промышленные сточные воды, являются минеральные удобрения, пестициды, нефтепродукты, синтетические моющие вещества, а также биологические виды загрязнения: дрожжи, белки, ферменты и микроорганизмы. По действию на организм человека промышленные сточные воды могут обладать общетоксическим, онкогенным, аллергенным, мутагенным, эмбриотоксическим и другими эффектами, в связи с чем контроль за сбросами промышленных сточных вод осуществляется органами санитарной службы. Особенно опасно присутствие в промышленных сточных водах наиболее вредных для организма человека веществ, например, соединений ртути, свинца, мышьяка, цианидов, онкогенных соединений, провоцирующих раковые заболевания.

Размеры зон горнодобывающих предприятий

Источник (или способ воздействия)	Размеры зоны влияния	
	Площадные, км ²	Линейные, км
Открытая разработка, ГОКи, терриконы, хвостохранилища	0,1 - 100	0,1 - 20
Подземная скважинная и специальная разработка, водопонижение	0,1 - 10000	-
Сбросы шахтных вод и ГОКов, дражные и гидромоторные способы разрушения пород	10 - 100	5 - 70
Закачка в недра реагентов, смешение вод различных горизонтов	1 - 100	1 - 10

Промышленные сточные воды, как и другие стоки, оказывают наибольшее влияние на санитарное состояние поверхностных водоемов, а также прилегающих к ним водоносных комплексов и горизонтов подземных вод. К спуску их в водоемы предъявляются санитарно-гигиенические требования регламентируемые Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами. Промышленные сточные воды, особенно сильнозагрязненные, проходят предварительную очистку на локальных очистных сооружениях, а затем, как правило, подвергаются очистке на общегородских станциях аэрации совместно с бытовыми сточными водами. С целью контроля за сбросами промышленных сточных вод в водоемы для предприятия устанавливают нормативы мощности сброса - предельно допустимый сброс (ПДС). Предельные допустимые сбросы устанавливают на основании гигиенических требований и нормативов качества воды. Величины ПДС предприятий на данной территории должны быть заложены в информационную базу мониторинга геологической среды данной территории и корректироваться в ходе мониторинга.

При разработке месторождений полезных ископаемых с использованием средств гидромеханизации формируются специфические техногенные массивы из намывных грунтов, образующих упорные призмы, а также гидроотвалы и

хвостохранилища. Намывной массив представляет собой сложную изменяющуюся во времени систему, для обеспечения устойчивости которого, установления закономерностей изменения его состояния и разработки управляющих решений и рекомендаций по рациональной технологии его формирования организуется локальный и детальный мониторинг - литомониторинг намывного массива. Его организация проводится аналогично организации литомониторинга горнодобывающего комплекса.

На первом этапе проводится оценка фонового состояния системы геологическая среда - намывной массив. Анализируют основные группы факторов: физико-географические (рельеф, климат, поверхностные воды), инженерно-геологические (геологическое строение основания и тела сооружения, состав и свойства пород), гидрогеологические (обводненность основания, наличие водоносных горизонтов, условий питания и разгрузки, эффективность дренажных устройств в намываемом массиве). Проводят также анализ технологических факторов (методы гидровскрышных работ или переработки минерального сырья, способы возведения дамб и намыва, интенсивность намыва, динамические и статические нагрузки). Влияние этих факторов носит комплексный характер.

На втором этапе осуществляется выбор методов, позволяющих контролировать состояние системы намывной массив - геологическая среда в любой момент времени.

На третьем этапе выполняется организация наблюдений, их систематическое проведение и обработка результатов.

Четвертый этап заключается в установлении закономерностей изменения и прогнозе состояния системы.

На пятом этапе используются результаты прогноза состояния системы для корректировки проектных решений по их формированию.

По указанной схеме осуществляется мониторинг других природно-технических систем в районах горнохимического производства, территорий ТЭЦ и золоотвалов, рудников, карьеров и разрезов.

Нефтяная и газовая промышленность. Основными свойствами геологической среды нефтегазовых месторождений, которые надо учитывать при организации мониторинга, является присутствие в разрезе двух несмешивающихся жидкостей - нефти и подземных вод, а также существенное влияние на горные породы жидких и газовых углеводородных компонентов. Главная особенность в нефте- и газодобывающих комплексах состоит в техногенной нагрузке на геологическую среду, когда происходит взаимодействие процессов отбора из недр полезных компонентов.

Одним из воздействий, оказываемых на геологическую среду в районах нефтяных и газовых месторождений, а также нефтеперерабатывающих предприятий, является химическое загрязнение следующих основных видов: углеводородное загрязнение; засоление пород и подземных вод минерализованными водами и рассолами, получаемыми попутно с нефтью и газом; загрязнение специфическими компонентами, в том числе сернистыми соединениями. Загрязнение пород, поверхностных и грунтовых вод часто сопровождается истощением естественных запасов подземных вод. В некоторых случаях истощению могут подвергаться и поверхностные воды, используемые для заводнения нефтяных пластов. В морских условиях возрастает масштаб угрозы загрязнения акваторий как искусственными (реагенты, применяемые при бурении и эксплуатации скважин), так и естественными загрязнителями (нефть, рассолы). Основная причина химического загрязнения на нефтяных месторождениях - низкая культура производства и несоблюдение технологий. Поэтому в наблюдательной сети мониторинга геологической среды районов нефтегазовых месторождений одна из основных нагрузок падает на геохимические наблюдения, контроль загрязнений.

При локальном загрязнении геологической среды нефтью и жидкими углеводородами от мелких источников загрязнения (нефтяных скважин, нефтехранилищ, складов горюче-смазочных материалов, АЗС, автобаз) образуется ареал нефтяного загрязнения. В процессе формирования ареала загрязнения уг-

леводородами, кроме того, формируются абиотическая и биотическая зоны. В биотической зоне протекают основные биохимические процессы деструкции нефтяных углеводородов, которые находятся как в эмульгированном, так и в растворенном состоянии. В эмульгированном слое преобладают восстановительные условия, которые сменяются окислительными в зоне миграции растворенных углеводородов, где развиваются в основном микроорганизмы из числа анаэробов и факультативных анаэробов. В окислительных условиях биодеструкция углеводородов осуществляется аэробными микроорганизмами. При биодеструкции углеводородов выделяется в основном метан, углекислый газ и сероводород. Указанные особенности ареалов нефтяного загрязнения необходимо учитывать при организации наблюдательной сети мониторинга.

Среди физических нарушений геологической среды в районах нефте- и газодобычи следует отметить проявления просадок, оседаний и провалов земной поверхности, а также подтоплений. Возможное развитие этих негативных инженерно-геологических процессов также должно являться предметом изучения в системе мониторинга геологической среды.

Специфика изменений геологической среды на нефтегазовых месторождениях вызывает необходимость использования в наблюдательной сети мониторинга и специфических методов, позволяющих контролировать изменения и различные процессы, происходящие на больших глубинах. Вследствие этого среди методов наблюдений в сети мониторинга наибольший удельный вес составляют различные геофизические и дистанционные методы.

Мониторинг районов горнодобывающей и перерабатывающей промышленности должен быть комплексным, учитывающим способы добычи полезных ископаемых и их переработки, а также особенности изменений геологической среды, и охватывать все системы объектов наблюдения, контроля и управления.

МОНИТОРИНГ РАЙОНОВ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Гидротехнические сооружения вносят существенные изменения в окружающую природную и геологическую среду. Поэтому организация систем мониторинга на территориях, прилегающих к гидротехническим сооружениям, является актуальной задачей. В России выполняемые наблюдения за процессами взаимодействия строящихся и построенных гидротехнических сооружений с геологической средой не носят системного характера, а использование их результатов для установления закономерностей развития такого взаимодействия и совершенствования научного прогнозирования неудовлетворительно.

При организации мониторинга геологической среды в районах крупных гидротехнических сооружений в первую очередь необходимо учитывать их конструктивные особенности и размещение. Гидротехнические сооружения (гидроузлы) состоят, как правило, из комплекса сооружений: энергетических (ГЭС), транспортных (каналы, водоводы, шлюзы). При комплексном использовании рек в состав гидроузлов входят также и различные вспомогательные сооружения (перемычки, дороги, ЛЭП, жилищные поселки).

Особенности изменений геологической среды районов гидротехнических сооружений определяются инженерно-геологическими условиями территорий и типом гидротехнического сооружения. Строительство ГЭС с водонапорными или вододерживающими плотинами всегда связано с созданием водохранилищ. Местоположение створа плотины выбирают с учетом многих условий, среди которых одно из первостепенных состоит в том, чтобы при равных положениях нормального подпорного уровня воды у плотины ограничить до минимума площадь затопления и подтопления прилегающих к водохранилищу территорий, населенных пунктов. Зона влияния водохранилища пропорциональна размеру площади его зеркала воды. Наиболее крупные водохранилища образу-

ются при строительстве ГЭС на равнинных реках. Так, площадь Рыбинского водохранилища на Волге составляет 4,6 тыс.км², Куйбышевского — 5,6 тыс.км², Волгоградского — 3,5 тыс. км².

Для различных крупных гидротехнических сооружений область техногенного воздействия на геологическую среду начинает формироваться уже на начальных этапах строительства. Область взаимодействия построенной плотины и массива горных пород охватывает больший объем пород, чем в период строительства гидротехнического сооружения. При этом нельзя рассматривать воздействие только одной плотины на массив пород, не учитывая одновременно воздействия на него и водохранилища. Воздействие на массив горных пород оказывают совместно плотина, масса воды в водохранилище, фильтрационный поток в обход примыканий и в основании плотины, подтопление склонов долины, взвешивающее воздействие воды. Общая зона воздействия будет определяться наложением, или взаимодействием, зон разуплотнения-уплотнения пород, областью колебания естественных и искусственных уровней подземных вод, зоной возможных фильтрационных деформаций, зоной ослабления устойчивости со дна.

При организации мониторинга в районах крупных гидротехнических сооружений основными общими задачами исследований являются определение границ области влияния сооружений на геологическую среду; выявление участков, активно реагирующих на техногенное воздействие гидротехнических сооружений; установление основных причин, изменяющих свойства и состояние пород в области их взаимодействия с сооружением. Изучают также влияние различных факторов на природу - сооружений или условий производства строительных работ, вырабатывают критерии безопасности работы, проводят контроль природных и техногенных процессов, прогноз и предупреждение опасных геодинамических процессов,

В зоне влияния водохранилищ возникает комплекс неблагоприятных инженерно-геологических процессов и явлений, которые должны быть в центре

внимания наблюдательной сети мониторинга. Среди них необходимо выделить следующие процессы. Затопление территорий городов, населенных пунктов, дорог, сельскохозяйственных площадей; продолжительное затопление территорий в периоды половодий и паводков, подтопление территорий и расположенных на них сооружений в результате развития подпора уровня подземных вод; заболачивание территорий, а в районах недостаточного увлажнения - засоление почв и грунтов в результате подпора подземных вод; переливы через низкие водоразделы, вызывающие периодические затопления, заболачивание низких территорий; подмыв, разрушение берегов и их переработка под действием ветровых волн; повышение сейсмической активности территорий в связи с искусственным обводнением горных пород в верхних горизонтах земной коры (особенно в горно-складчатых областях).

При организации мониторинга геологической среды необходимо учитывать изменения, которые происходят в массиве горных пород, прежде всего в основании плотины и гидротехнических сооружений при их строительстве и эксплуатации. Геологические процессы в горных породах связаны с изменением напряженного состояния пород основания температурным режимом пород; с фильтрационными деформациями зданий и сооружений ГЭС вследствие возможной активизации карстовых процессов, эрозии.

Развитие карста с образованием крупных провальных форм отмечалось для каскада ГЭС в районе Ангары на расстоянии 0,5 - 1 км от берега водохранилищ, а в редких случаях - на расстоянии до 8 км от берега. Общая площадь пораженное™ карстовыми процессами в районе Братского водохранилища превышает 460 км².

По данным долгосрочных наблюдений за изменением свойств пород скального основания арочной плотины Ингурской ГЭС, установлено, что в период строительства плотины существенное уплотнение пород происходило до глубин 50-80 м. После наполнения водохранилища уплотнение пород зафиксировано до 500-800 м, а для плотины до 250 м.

Лучше изучены глубина зоны сжатия и ее конфигурация в основании плотин, построенных на глинистых грунтах. О степени сжатия пород можно, как известно, судить по осадкам поверхности земли.

Так, на участке плотины Волжской ГЭС, возведенной на глинах, воронка осадки распространилась на 0,6-0,7 км в стороны от сооружения. Работы по оценке глубины зоны сжатия пород в основании плотины показали, что за 16 лет эксплуатации породы ниже глубины 30-37 м не претерпели изменений плотности или влажности.

Наблюдения на Саратовской ГЭС свидетельствуют о том, что глубина зоны влияния распространяется на 50 м. Детальные геофизические наблюдения показывают, что фактические перемещения поверхности под нагрузкой от водохранилищ, как правило, незначительны: поперечник воронки оседания обычно менее 10 км, а максимальная осадка менее 10 см.

Важнейшая особенность формирования указанных изменений геологической среды, которая должна учитываться при организации мониторинга, — их длительность. Например, на большинстве волжских водохранилищ установившийся режим подземных вод в зоне их влияния сформировался только через 5-10 лет, а подпор грунтовых вод распространился на расстояния до 10-15 км (за исключением зоны влияния Каховского водохранилища). Ежегодные сезонные колебания уровня воды в водохранилище на 2-3 м сказываются на режиме уровней грунтовых вод на расстоянии до 300-700 м для песчаных и супесчаных фунтов, на расстоянии до 150-250 м - для суглинистых пород.

Оценка подтопляемости территорий при организации сети мониторинга проводится в соответствии с действующими нормативными и методическими документами. Влияние подтопления на территории характеризуется глубиной залегания грунтовых вод. Выделяют следующие подзоны:

- 1) подзона сильного подтопления или заболачивания (глубина залегания грунтовых вод от 0 до 0,3—0,7 м; содержание воды в почвах и грунтах 70-100% полной влагоемкости);

2) подзона умеренного подтопления (глубина залегания грунтовых вод от 0,3-0,7 до 1,2-2,0 м);

3) подзона слабого подтопления (грунтовые воды залегают на глубине от 1,2-2,0 до 2-3 м в гумидных условиях и до 5 м – в аридных). Зона влияния измененного гидрологического режима в нижних бьефах гидроузлов сезонного и многолетнего регулирования распространяется на несколько сотен километров вниз по течению реки, при суточном регулировании - на SO—100 км.

Для крупных гидротехнических сооружений, построенных как в равнинных, так и в горных областях, зона изменения свойств горных пород распространяется в среднем на глубины до 50-100 м, а в плане прослеживается на расстоянии до 1 км от сооружения.

Для ликвидации перечисленных опасных и неблагоприятных процессов в зонах водохранилищ проводят защитные мероприятия: создают системы инженерной защиты территорий, главным образом от процессов подтопления. С этой целью возводят дамбы обвалования, проводится подсыпка или намыв территорий, возводятся берегоукрепительные сооружения, строится система дренажей, дополнительных каналов. Все эти объекты обязательно должны включаться в наблюдательную сеть мониторинга геологической среды, так как они располагаются на участках наибольшего техногенного влияния гидроузла на геологическую среду. Во многих районах на таких объектах, как и на самих ГЭС, организованы режимные наблюдения. Они также должны включаться в систему мониторинга.

Таким образом, основными факторами, которые необходимо учитывать при создании систем мониторинга геологической среды районов гидротехнических сооружений, являются:

- ✓ учет типа сооружений и особенностей инженерно-геологических условий территорий;
- ✓ организация мониторинга на весь каскад взаимосвязанных гидроузлов;
- ✓ учет особенностей различных зон техногенного влияния гидроузла при орга-

низации наблюдательной сети;

✓ учет и включение в структуру мониторинга системы инженерной защиты и режимной сети,



МОНИТОРИНГ И ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПОЧВЫ

Для решения задач сохранения почвы, осуществления гигиенических и природоохранных мероприятий проводят мониторинг и ранжирование почв по степени опасности их загрязнения химическими веществами. На основании мониторинга и ранжирования осуществляют комплексные мероприятия по охране почв и рекультивации земель, при разработке схем районной планировки, гигиенической оценке почв в районах урбанизации.

Результаты гигиенических исследований почв, загрязненных тяжелыми металлами, нефтепродуктами и другими веществами позволили разработать методику оценки загрязнения почвы вредными веществами по уровню возможного воздействия на системы «почва - растение», «почва - микроорганизмы, биологическая активность», «почва - грунтовые воды», «почва - атмосферный воздух» и опосредованно на здоровье человека,

С гигиенических позиций опасность загрязнения почвы химическими веществами определяется уровнем отрицательного влияния на контактирующие среды (вода, воздух), пищевые продукты и опосредованно на человека, а также на биологическую активность почвы и процессы ее самоочищения.

Основным критерием гигиенической оценки опасности загрязнения почвы вредными веществами является предельно допустимая концентрация (ПДК) химических веществ в почве - комплексный показатель безвредного для человека содержания химических веществ в почве, ПДК отражают все возможные пути опосредованного воздействия загрязнителя на контактирующие среды, биологическую активность почвы и процессы ее самоочищения. Каждый из путей

воздействия оценивается количественно с обоснованием допустимого уровня содержания веществ по каждому показателю вредности.

Оценку опасности загрязнения почв проводят с учетом специфики источников загрязнения, приоритетности загрязнителей в соответствии со списком ПДК химических веществ в почве классом опасности, характером землепользования.

При отсутствии возможности учета всего комплекса химических веществ, загрязняющих почву, оценку осуществляют по токсичным веществам, относящимся к более высокому классу опасности.

В случае отсутствия в приведенных документах класса опасности химических веществ, приоритетных для почв обследуемого района, их класс опасности может быть определен по индексу опасности.

Отбор проб почвы, их хранение, транспортировка и подготовка к анализу осуществляется в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-84 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб почвы для химического, бактериологического и гельминтологического анализа».

При оценке опасности загрязнения почв химическими веществами следует учитывать, что опасность загрязнения тем больше, чем больше фактические уровни содержания контролируемых веществ в почве (С) превышают ПДК. Опасность загрязнения почвы тем выше, чем больше значение коэффициента опасности (K_0) превышает 1:

$$K_0 = C / \text{ПДК}.$$

Оценка опасности загрязнения должна проводиться с учетом буферной способности почвы, влияющей на подвижность химических элементов. Буферная способность почвы определяет воздействие вредных веществ на микроорганизмы, растения, животных, человека. Чем меньшими буферными свойствами обладает почва, тем большую опасность представляет ее загрязнение химическими веществами. Следовательно, при одной и той же величине K_0 опасность загрязнения будет больше для почв с кислым значением рН, меньшим содержанием гумуса и более легким механическим составом. Например, если K_0

вещества оказались равными в дерново-подзолистой супесчаной почве, в дерново-подзолистой суглинистой почве и черноземе, то в порядке возрастания опасности загрязнения почвы могут быть расположены в следующий ряд: чернозем → суглинистая дерново-подзолистая почва → супесчаная дерново-подзолистая почва.

Под «буферностью почвы» понимается совокупность свойств почвы сохранять ее параметры на одном уровне, определяющих ее барьерную функцию.

Предлагаются различные оценки опасности загрязнения почв населенных пунктов и почв, используемых для выращивания сельскохозяйственных растений.

Основной оценки опасности загрязнения почв, используемых для выращивания сельскохозяйственных растений, является транслокационный показатель вредности, являющийся важнейшим показателем при обосновании ПДК химических веществ в почве. Это обусловлено тем, что с продуктами питания растительного происхождения в организм человека поступает около 70 % вредных химических веществ,

Уровень транслокации определяет уровень накопления вредных веществ в продуктах питания, влияет на их качество. Существующая разница допустимых уровней содержания химических веществ по различным показателям вредности и основные положения дифференциальной оценки степени опасности загрязненных почв позволяют также дать рекомендации по практическому использованию загрязненных территорий.

Пример. Почвы территории загрязнены никелем, содержание подвижных форм которого составляет в первой 20 мг/кг (1) и во второй - 5 мг/кг (2). Почва (1) должна быть отнесена к категории «чрезвычайно высокого» загрязнения, так как уровень содержания никеля превышает допустимые уровни содержания этого элемента по всем показателям вредности: транслокационному, миграционному водному и общесанитарному. Такая почва может быть использована только под технические культуры или полностью исключена сельскохозяйственного использования.

Почва (2) может быть отнесена к категории «умеренно загрязненной», так как содержание никеля (5 мг/кг) превышает его ПДК (4 мг/кг), но не превышает допустимого уровня по транслокационному показателю вредности (6,7 мг/кг). В этом случае почва может быть использована под любые сельскохозяйственные культуры при одновременном осуществлении мероприятий по снижению уровня содержания никеля.

Принципиальная схема оценки почв сельскохозяйственного использования, загрязненных химическими веществами, основана на категории загрязненности почв.

1. Допустимая категория.

Содержание химических веществ в почве превышает фоновое, но не выше ПДК. Почва используется под любые культуры,

2. Умеренно опасная категория.

Содержание химических веществ в почве превышает ПДК по лимитирующему, общесанитарному, миграционному водному и воздушному показателями вредности, но ниже допустимого уровня по транслокационному показателю. Такую почву используют под любые культуры при условии контроля качества сельскохозяйственных растений.

3. Высоко опасная категория.

Содержание химических веществ в почве превышает ПДК по лимитирующему транслокационному показателю вредности. Почву используют под технические культуры, Использование под сельскохозяйственные культуры ограничено с учетом растений-концентраторов.

4. Чрезвычайно опасная категория.

Содержание химических веществ превышает ПДК по всем показателям вредности. Возможно использование под технические культуры. Почву следует полностью исключить из сельскохозяйственного использования. Рекомендуется создание защитных полос.

Оценка опасности загрязнения почвы населенных пунктов определяется

эпидемиологической значимостью загрязненной химическими веществами почвы, ролью загрязненной почвы как источника вторичного загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха, значимостью степени загрязнения почвы в качестве индикатора загрязнения атмосферного воздуха.

Необходимость учета безопасности почвы населенных пунктов обуславливается тем, что с увеличением химической нагрузки возрастает эпидемическая опасность почвы. В загрязненной почве на фоне уменьшения представителей почвенных микробиоценозов (антагонистов патогенной кишечной микрофлоры) и снижения ее биологической активности отмечается увеличение патогенных энтеробактерий и геогельминтов, которые были более устойчивы к химическому загрязнению почвы, чем представители естественных почвенных микробиоценозов.

Оценка неблагоприятных последствий загрязнения почв при воздействии на человека важна при играх детей на загрязненных почвах. Такая оценка разработана по наиболее распространенному в населенных пунктах загрязняющему веществу - свинцу, содержание которого в почве, как правило, сопровождается увеличением содержания других элементов. Содержание свинца в почве игровых площадок на уровне 500 мг/кг способствует изменению психоневрологического статуса детей.

По данным изучения распределения в почве некоторых металлов - наиболее распространенных индикаторов загрязнения городов, может быть дана ориентировочная оценка опасности загрязнения атмосферного воздуха. Так, при содержании свинца в почве, начиная с 250 мг/кг, в районе действующих источников загрязнения наблюдается превышение его ПДК в атмосферном воздухе ($0,3 \text{ мкг/м}^3$), при содержании меди в почве, начиная с 1500 мг/кг, наблюдается превышение ее ПДК в атмосферном воздухе ($2,0 \text{ мкг/м}^3$).

Оценку уровня химического загрязнения почв как индикатора неблагоприятного воздействия на здоровье населения проводят по показателям, разработанным при сопряженных геохимических и геогигиенических исследованиях

окружающей среды городов. Такими показателями являются: коэффициент концентрации химического вещества (K_c), который определяется отношением его реального содержания в почве (C) к фоновому значению (C_f):

Следующий параметр называют суммарным показателем загрязнения (Z_c). Суммарный показатель загрязнения равен сумме коэффициентов концентраций химических элементов:

$$Z_c = \sum K_0$$

Формула расчета класса опасности вещества для почвы (J) имеет следующий вид:

$$J = \lg(A \cdot S) / (a \cdot M \cdot \text{ПДК})$$

где A - атомный вес соответствующего элемента;

M - молекулярный вес химического соединения, в который входит данный элемент;

S — растворимость в воде химического соединения (мг/л);

a — среднее арифметическое из шести ПДК химических веществ в разных пищевых продуктах (мясо, рыба, молоко, хлеб, овощи, фрукты);

ПДК - предельно допустимая концентрация элемента в почве.

 *Лекция 6*

МОНИТОРИНГ ТЕРРИТОРИЙ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ И ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ

На территориях большинства современных городов значительное влияние на геологическую среду оказывают техногенные воздействия, что обуславливается высокой концентрацией предприятий промышленности, энергетики, транспорта и жилищно-коммунального хозяйства. Вследствие этого создание в

пределах городских агломераций локальных и детальных систем мониторинга является одной из первоочередных и актуальных задач.

Для правильной и рациональной организации мониторинга урбанизированных территорий необходимо учитывать основные особенности изменений геологической среды в пределах городов, связанные с современными тенденциями развития городского строительства, К ним относятся:

- ✓ рост крупных городов-мегаполисов, окруженных городами-спутниками;
- ✓ освоение под городское строительство неудобий (заболоченных участков, свалок, засыпанных оврагов и др.) из-за дефицита полезной площади;
- ✓ все увеличивающиеся тенденции освоения подземного пространства;
- ✓ усиление динамического воздействия на грунты, которое не характерно для малых городов;
- ✓ возрастание этажности зданий и как следствие этого -повышение требований к устойчивости сооружений.

Современный город представляет собой крупный населенный пункт, выполняющий сложные жилищные, промышленные, организационно-хозяйственные, транспортные, управленческие, культурные функции и др. Помимо территории, ограниченной административной границей, город отторгает у природной среды значительные площади, лежащие в отрыве от городской черты, отчуждаемые под различные сооружения.

Городская территория по структурно-функциональному признаку подразделяется на ряд самостоятельных функциональных зон: селитебную (заселенную людьми) и внеселитебную. Внеселитебная зона делится на промышленную (производственную), коммунально-складскую, санитарную, рекреационную (садово-парковую), зону отдыха, внешнего транспорта, прочих земель, Все эти зоны взаимодействуют друг с другом и тесно связаны, Функциональное зонирование позволяет при планировке населенных пунктов выбирать территорию для размещения селитебных зон с наветренной стороны по отношению к промышленным объектам, прогнозировать рассеивание промышленных выбросов в

приземных слоях атмосферы и определять величину санитарно-защитных зон. При этом в первую очередь учитывается роза ветров - график направлений ветра на данной территории.

Для современного города наибольшая по площади территория приходится на долю селитебной зоны - 42%, на долю промышленной - 18%, прочих земель - 14%, внешнего транспорта - 10%, рекреационной зоны - 8%, коммунально-складской - 6%, санитарной - 2%. Для правильной планировки наблюдательной сети мониторинга среды города необходимо *выявите*. пространственную дифференциацию освоенности территорий с учетом качественных и количественных характеристик.

Многоплановая хозяйственная деятельность на территориях городов очень сильно изменяет первоначальное состояние геологической среды, в результате чего возникают различные негативные инженерно-геологические процессы и явления с отрицательными экологическими последствиями.

Территории городов испытывают, как правило, существенные антропогенные изменения рельефа, хотя общий морфологический облик историко-генетического комплекса рельефа может и сохраняться, для оценки изменений и рельефа на территории города могут применяться различные количественные показатели и градации. Чаще всего для этого используют три степени измененности рельефа: сильно измененный; частично измененный; практически неизмененный.

Основными тенденциями антропогенного изменения рельефа территорий городов являются: выравнивание поверхности (планировка рельефа), достигающее значительных площадей; уничтожение микрорельефа (балок, русел ручьев и мелких рек, овражной сети и др.); уменьшение глубины и густоты расчленения рельефа; снижение уклонов поверхности рельефа, В целом все это приводит к общему снижению энергии рельефа и упрощению структуры водосборных бассейнов, что, в свою очередь, вызывает уменьшение склонового транзита, интенсивности поверхностного стока, естественной эрозии.

На территории города существенно меняются гидрогеологические условия в основном в результате интенсивной эксплуатации подземных и поверхностных вод на промышленные и хозяйственные нужды. При этом в местах водозаборов формируются глубокие депрессионные воронки, происходит изменение гидрохимического режима подземных вод и их загрязнение. Наиболее крупные депрессионные воронки (с понижениями в центре водозабора до 50 - 100 м и более и радиусом, превышающим 100 км) образуются при эксплуатации на территориях городов глубоких водоносных горизонтов артезианских бассейнов, таких, как Московский, Днепровско-Донецкий, Прибалтийский. Глубина депрессионных воронок достигает в Лондоне 100 м, в Киеве 65 м, в Москве около 50 м. Площадь депрессионной воронки на территории Москвы занимает 50 тыс. км³, максимальное понижение уровня, по данным Л.С. Язвина и других (1988), достигает 120 м. Крупные депрессионные воронки радиусом около 40 км и понижением до 60 м образовались в Азово-Кубанском бассейне. В районе Санкт-Петербурга пьезометрический уровень в гдовском горизонте снизился на 80 м, радиус депрессионной воронки увеличился до 50 км, площадь — до 16 тыс. км². Над депрессионными воронками подземных вод почти всюду сформировались пологие мульды оседания, их площадь в городах изменяется от долей квадратных километров до 3500 км².

Под влиянием водоотбора на территории города могут возникать и активизироваться различные карстово-суффозионные процессы, проявляющиеся на поверхности земли провальными воронками. Такие процессы отмечены на территории Москвы и в других городах, где есть соответствующие геологические условия. В этом случае среди основных факторов, формирующихся в результате интенсивного водоотбора подземных вод, отмечается увеличение скоростей фильтрации и интенсивности изменения величины гидростатического давления в результате снижения пьезометрических уровней. Это приводит к переформированию источников восполнения запасов подземных и поверхностных вод и изменению естественного гидродинамического, гидрохимического и темпера-

турного режимов вод, а также к изменению экологической и медико-биологической обстановки в городе.

В городах часто развивается и техногенное подтопление территорий. Так, в Томске им охвачено 2,7 тыс. га (или 28%) территории города. При этом широко распространенные здесь лессовидные суглинки утрачивают проезд очные свойства, уменьшается их прочность, деформируемость возрастает в 1,5-2 раза.

Для отражения на картах зон техногенного подтопления территорий могут использоваться различные как относительные (например, коэффициент пораженности территории подтоплением), так и абсолютные показатели (скорость подъема уровня грунтовых вод, м/год; время подъема уровня воды на застроенных территориях до глубин 2-3 м от поверхности земли, лет). Как правило, подтопление охватывает всю заросшую территорию городов, которая по категориям опасности может быть подразделена на очень опасные, опасные и слабо опасные участки. Таким образом, зоной влияния в этом случае оказывается вся территория города.

Среди различных видов техногенного воздействия на геологическую среду города самым распространенным является статическое механическое воздействие от сооружений - уплотнение грунтов оснований. Это приводит к формированию вокруг каждого здания и сооружения осадочной воронки, глубина которой колеблется от 1 до 600 см (чаще 10-20 см). Радиус воронки обычно выходит за пределы наружного периметра здания, характеризует зону его влияния и достигает 50-120 м. При плотной застройке одиночные осадочные воронки смыкаются, а под городом в целом формируется крупноплощадная депрессионная поверхность в виде чаши оседания сотообразного строения.

Строительство и эксплуатация метрополитена в городах приводят к развитию процессов сдвижения пород и образованию мульд проседания. Ширина мульд над перегонными тоннелями изменяется от 40 до 200 м, над подземными станциями - от 160 до 300 м.

Вибрационное воздействие на территории городов, создаваемое в основ-

ном автомобильным транспортом, линиями метро, трамваев и железных дорог, при исследовании на локальном, а также и на детальном уровне может оцениваться по данным А.Д. Жигалина и Г.П. Локшина (1991). Они считают, что пороговыми значениями вибрации, предельно допустимыми уровнями ее воздействия на геологическую среду с учетом экологических последствий является уровень вибрации, оцениваемый по виброскорости в размере 0,0004 м/с (78 дБ) и по виброускорению -0,05 м/с (44 дБ). Можно выделить три уровня интенсивности воздействия на геологическую среду города: низкий (менее 46 дБ), средний (46-73 дБ), высокий (свыше 73 дБ). Размеры зоны влияния некоторых источников вибрации на территории города представлены в таблице 3.

Таблица 3

Размеры зоны влияния некоторых источников вибрации на территории города

Источник	Основная частота, Гц	Зона действия, м
Вибрационный каток	10 - 30	до 40
Автомобильная магистраль	10 - 20	40 - 100
Линия метро	30 - 60	60 – 120
Механический копер	15 – 35	150 – 250
Трамвайная линия	20 – 45	150 - 300
Железная дорога	10 - 30	150 - 300

Для городских транспортных автомагистралей с интенсивным транспортным потоком и высоким уровнем вибрации (65 дБ) автотранспортное вибрационное воздействие затухает до городских фоновых значений (для Москвы в районе Ленинского проспекта достигает 46 дБ) на расстоянии 20 м от оси полотна. Вибрационное воздействие, создаваемое в городе железнодорожными магистралями, в среднем распространяется на расстояния до 50 м от оси железной дороги.

Длительное динамическое воздействие на грунты может приводить к нарушению твердого покрытия магистралей, к деформациям и разрушению фундамента зданий вблизи магистралей и рельсовых путей.

В зависимости от типа грунтов вибрационное воздействие на них может приводить к снижению сопротивления сдвигу, разрушению структурных связей, тиксотропному разупрочнению, разжижению и другим негативным процессам, которые должны учитываться в сети мониторинга.

Тепловое загрязнение как следствие теплового воздействия проявляется в возникновении так называемого теплового купола над городом, на общем фоне которого формируются отдельные участки аномального прогрева грунта и грунтовых вод. Его формированию способствует сплошная застройка городской территории, покрытие асфальтом или бетоном открытой поверхности. Тепловое воздействие в городах на локальном уровне проявляется чаще всего и как результат влияния сточных техногенных вод, утечек из теплотрасс. С этим связано образование геотермической аномалии вокруг Москвы с повышением температуры на 3-5°C по сравнению с фоновой. Максимальный рост температуры в Москве отмечен для четвертично-мезозойского водоносного комплекса (выше на 14°C и более), а площадь этой тепловой аномалии почти в 1,5 раза превышает площадь самого города.

В меньшей степени, но на значительной площади может проявляться тепловое воздействие полигонов ТБО и прочих свалок, вокруг которых также формируются тепловые аномалии. Кроме того, на территории городов отепляющее воздействие оказывают здания всех типов и асфальтовое покрытие, при этом площадь отепляющего воздействия принимается равной площади асфальтового покрытия.

Как правило, область воздействия тепла от городских теплосетей, водопровода и канализации возможна на расстоянии до 20 м по обе стороны от оси коллектора при минимальных утечках. Тепловые аномалии на территории городов формируются на глубинах до 300 м с превышением температуры над фоновой до 1,5-3 раз.

Температурные аномалии приводят к изменению содержания газовой составляющей подземных вод, к интенсификации процессов взаимодействия в си-

стеме вода-порода, приводящих к увеличению агрессивности грунтов, к развитию микрофлоры и активизации микробиологических процессов, к изменению ряда свойств глинистых пород, в том числе к увеличению их сжимаемости, снижению вязкости и резкому снижению прочности. В зоне аэрации под воздействием избыточного тепла происходит локальное просушивание грунтовых массивов, приводящее к изменению их структуры и физико-механических свойств, в случае глинистых грунтов при их высушивании развивается тепловая усадка.

В городских районах криолитозоны формируются зоны теплового влияния в радиусе до 15-30 м от сооружения, охватывая верхнюю часть грунтовой толщи. Наибольшее влияние на изменение геокриологического состояния грунтов оказывают подземные коммуникационные коллекторы, Протаивание грунтов в основании коллектора достигает глубины 5—7 м, в горизонтальном направлении оно может распространяться на 8-10 м от оси коллектора; в этой зоне возникают провальные явления, В районах криолитозоны учет тепловых воздействий на геологическую среду города выступает на первый план при организации наблюдательной сети мониторинга.

Город со своей развитой промышленностью и коммунально-бытовой деятельностью оказывает сильное геохимическое воздействие на геологическую среду, выражающееся в перераспределении, концентрировании и рассеивании огромных масс химических веществ и элементов как природного, так и техногенного происхождения. На больших площадях в пределах города формируются техногенные геохимические поля - взаимоувязанные в пространстве зоны повышенных или пониженных по сравнению с фоновыми или кларковыми концентрациями химических элементов. Самым значимым с эколого-геологической точки зрения проявлением этого перераспределения является химическое загрязнение компонентов геологической среды: почв, грунтов, подземных вод. Это вызывает необходимость при организации мониторинга геологической среды уделять внимание химическому и другим видам техногенного загрязнения.

Химическим загрязнением охвачены все площади современных городов и

крупных населенных пунктов поселкового и городского типа. В крупных городах загрязнение геологической среды проникает на глубину до 50-100 м, но наиболее сильно в пределах города происходит загрязнение поверхности фунтов, почв и поверхностных вод. Поверхностный сток урбанизированных территорий транспортирует загрязняющие вещества, главным источником которых являются сточные воды. При сбросе этих вод в природных водных системах формируются зоны загрязнения с широким набором химических элементов, аккумулирующихся в донных отложениях. Донные отложения при этом образуют устойчивые зоны загрязнения с высокой концентрацией различных химических элементов. Отмечается индивидуальный специфический характер наиболее резко концентрирующихся элементов для разных типов промышленности. Основными элементами загрязнения донных осадков являются ртуть, серебро, кадмий, свинец. Протяженность зон загрязнения в донных осадках области влияния крупного промышленно-урбанизированного центра достигает 20-25 км.

Поверхностное загрязнение с наибольшей интенсивностью происходит в почвах, снеговом покрове и верхней части грунтов зоны аэрации. Очаги химического загрязнения почв и снега в городах имеют определенную геохимическую зональность: наибольшая концентрация отмечается вблизи источника загрязнения, к периферии она постепенно снижается. Максимальный уровень загрязнения наблюдается около предприятий цветной и черной металлургии и различных приборостроительных предприятий, меньший - в зоне влияния машиностроительных и химических предприятий. Спектр химических элементов-загрязнителей чрезвычайно широк: практически во всех аномалиях отмечается накопление свинца, меди, цинка, олова, вольфрама, молибдена, хрома и ртути. Как правило, площади центров полиэлементных аномалий в 1,7-2 раза больше площади промышленных зон.

Поверхностное загрязнение почв и грунтов от ТЭЦ распространяется на 5-7 км, предприятий химической и нефтехимической промышленности — на 3—5 км. Так, у нефтеперерабатывающего завода в Капотне (Москва) радиус

зоны загрязнения около 5 км. Для бассейна Верхней Колымы зоны запыления от ТЭС прослеживаются на расстояния до 100 км вдоль долин. Формирующиеся вокруг ТЭС золоотвалы также являются источниками поверхностного загрязнения фунтов и почв. На территориях, прилегающих к золоотвалам ТЭС, в год оседает от 36 до 485 т пыли на 1 км², а дальность ее переноса (зона влияния) в направлении господствующих ветров достигает 30 км,

Вокруг населенных пунктов криолитозоны в зимний отопительный период формируются ареалы поверхностного загрязнения грунтов и почв сажей и пылью площадью от 20 до 40-45 км². Контуры этих ареалов согласуются с формой розы ветров.

Выбросы автомобильного транспорта концентрируются на расстоянии 50-100 м от шоссе, в результате чего в этой зоне почвы и грунты сильно загрязнены тяжелыми металлами и нефтепродуктами.

Таким образом, современный город имеет специфическую мозаичную геохимическую структуру, сформировавшуюся стихийно, которая фиксируется пол и элементным и геохимическими полями, центры которых приурочены к различным источникам антропогенного загрязнения. По времени действия источников загрязнения в городах выделяют четыре типа территорий: устойчивого, реликтового, современного загрязнения и территории, где загрязнение отсутствует. Устойчивое загрязнение устанавливается по совпадению очагов загрязнения во всех компонентах природной системы и соответствует наличию техногенного геохимического поля. Реликтовое загрязнение фиксируется наличием техногенной геохимической аномалии только в одном из компонентов геологической среды (например, в почвах) и не подтверждается аномальными концентрациями в атмосфере. Территории, где обнаруживается техногенная аномалия только в атмосфере, относятся к категории нового современного загрязнения.

В городах развивается и биологическое загрязнение (микробиологическое) фунтов и подземных вод. Общее биологическое загрязнение грунтов от

работы городского коллектора, состоящего из теплосети, водопроводной и канализационной сети, может распространяться на расстояние до 20 м по обе стороны от оси коллектора, В результате развития микроорганизмов в условиях интенсивного загрязнения геологической среды возникают различные негативные явления. Примером негативного антропогенного воздействия, включающего и биохимическое загрязнение, служат свалки различных отходов. При аэробном разложении внутри свалок накапливаются растворенные органические вещества сложного состава. Просачивающиеся через свалки поверхностные воды приобретают агрессивность из-за подкисления этими соединениями и могут растворять карбонатные породы, вызывать коррозию подземных сооружений. В случае плохой аэрации происходит активное выделение таких газов, как аммиак, сероводород, метан и др. Высокие концентрации аммиака способствуют бурному развитию нитрифицирующих микроорганизмов, для которых источником энергии служит реакция окисления аммиака в азотную кислоту. Эта группа микроорганизмов способна интенсивно разрушать стены и фундаменты зданий, расположенных вблизи свалок. Повышенное выделение сероводорода губительно сказывается на живых организмах, усиливает коррозию металлов, повышает агрессивность фунгов и подземных вод. Если внутри свалки накапливается в избытке метан, то, распространяясь в прилегающих почвах, грунтах и подземных водах, он угнетает растительность за счет массового развития метилотрофных бактерий и микроорганизмов, резко снижающих концентрацию кислорода в среде, который расходуется на окисление метана.

К территориям, примыкающим к городу, приурочены обычно такие источники загрязнения окружающей среды, как различные склады химических веществ и сырья, очистные сооружения, поля орошения, полигон твердых бытовых отходов. Поверхностное загрязнение (химическое и биохимическое) распространяется от полигонов на расстояние до 3 км, а загрязнение грунтовых вод охватывает площади: 1 км² - крупные полигоны ТБО с объемом отходов до нескольких миллионов кубических метров; 0,5 км² -средние полигоны ТБО

(сотни тысяч кубических метров); до 5 га мелкие полигоны ТБО (десятки тысяч кубических метров). При этом биохимический разогрев толщи бытовых отходов обуславливает развитие тепловых аномалий с температурой до 50⁰ С и радиусом до 30 м и более.

Сточные воды городских территорий относятся к категории бытовых, что определяет особенности их состава и санитарно-гигиенические характеристики, В их составе преобладают: продукты обмена веществ в организме человека, остатки пищи, мыла, синтетических моющих средств и других продуктов бытовой химии. Для них характерно также загрязнение микрофлорой (кишечной палочкой, возбудителями дизентерии, вирусных заболеваний и др.). Бытовые сточные воды характеризуются интенсивным запахом, значительной мутностью и окраской, присутствием значительного количества взвешенных веществ и плавающих примесей, низкой прозрачностью, наличием пены, высокими значениями ХПК и коли-индекса. Наиболее частый способ удаления сточных вод - сброс в водоемы, что является основной причиной их загрязнения, а также загрязнения прилегающей части окружающей среды. В крупных городах для очистки стоков служат станции аэрации, включающие комплекс очистных сооружений - решетки, песколовки, отстойники, аэротенки или биофильтры, мстантенки и др. В целях охраны водоемов от загрязнений рекомендуется также применение бытовых сточных вод на сельскохозяйственных полях орошения.

Поля орошения - это земельные участки, подготовленные для биологической очистки бытовых сточных вод. Принцип почвенного метода очистки сточных вод основан на естественной способности почв к биохимическому окислению поступающих в нее органических веществ до простых соединений, усваиваемых растениями. Процесс протекает в аэробных условиях и осуществляется в результате жизнедеятельности почвенных микроорганизмов. Современные поля орошения делятся на группы: коммунальные поля орошения, на которых санитарно-технические задачи сочетаются с выращиванием сельскохозяйственных культур; поля фильтрации, где осуществляется биологическая очистка осветлен-

ных сточных вод путем фильтрации через почвенные горизонты без использования их в сельскохозяйственных целях; земельные поля орошения, представляющие собой специализированные гидромелиоративные системы.

Наилучшими по эффективности использования для полей орошения являются легкие песчаные или супесчаные почвы. Поверхность поля разбивают на участки (карты) площадью от 0,5 до 16 га и ограждают земляным валом высотой 0,8-1,0 м, Поверхность карт оставляют ровной или нарезают бороздами. Оросительная сеть состоит из трубопроводов, отстойников, насосной станции, регулирующих емкостей, каналов и разводящей поливной сети. Подача воды на поля происходит самотеком по открытым каналам.

Суточные нормы нагрузки для коммунальных полей орошения составляют от 15 до 50 м³/га. С ростом городов, резким увеличением количества сточных вод поля орошения оказались большей частью перегруженными и перестали отвечать своему главному назначению - очистке и обезвреживанию вод. На полях орошения стали осуществлять только фильтрацию сточных вод без их использования для выращивания сельскохозяйственных культур. Такие участки в отличие от полей орошения называют полями фильтрации, на них механически очищенные сточные воды летом подаются в карту сплошным заливом слоем 20-30 см, зимой - до 75 см. После фильтрации сточной жидкости в почву и верхний слой грунта поверхность карты перепахивают и снова заполняют сточной водой и т.д. На коммунальные поля орошения сточные воды поступают по полосам и бороздам. Суточные нормы нагрузки для полей фильтрации составляют от 40 до 125 м³/га. В настоящее время при градостроительстве устройство новых полей фильтрации ограничено и целесообразно только как временная мера.

В крупных промышленных городах, самым мощным загрязнителем кроме органики, являются также соединения серы, которые входят в состав выбросов почти всех промышленных предприятий. Сернистые соединения, попадая в почвы, грунты и воду, вовлекаются в цикл превращений в аэробном и анаэробном комплексах микробиологической системы. В анаэробной зоне образу-

щийся сероводород вызывает коррозию металлов, образуя сульфиды, В аэробной зоне развиваются тионовые бактерии, вызывающие сернокислое выветривание горных пород, кислотную коррозию металлических сооружений и строительных материалов, растворение карбонатных пород. Следует отметить, что многие геохимические процессы, происходящие на территории города с участием микроорганизмов, еще до конца не изучены.

При организации наблюдательной сети мониторинга за микробиологическими процессами в геологической среде города на первом этапе исследований, сопоставляя условия жизнедеятельности микроорганизмов с физико-химической обстановкой среды их обитания, можно составить карту-схему для территории города с выделением на ней возможных микробиологических процессов. На ней могут быть выделены следующие зоны:

1) зона, характерная для промышленных и примыкающих к ним селитебных районов с интенсивным загрязнением органическими веществами и соединениями серы; зона кислых и слабокислых фунтовых вод с высоким содержанием сульфат-иона, катионов металлов, растворенных органических веществ; зона интенсивной кислотной коррозии и выветривания; в анаэробной зоне возможна сероводородная коррозия металла с осаждением сульфидов;

2) зона, характерная для селитебных районов, удаленных от промышленной зоны; реакция среды слабокислая, нейтральная и слабощелочная; опасность коррозионных процессов возрастает в зонах утечек из канализации и в прогреваемых грунтах у теплопроводов;

3) зона, характерная для районов пищевой промышленности (главным образом мясо-молочной) и бывших сельскохозяйственных угодий; в грунтовых водах присутствует нитратное загрязнение, реакция среды нейтральная, слабощелочная, щелочная; в анаэробных условиях возможны процессы аммонификации и денитрификации с выделением аммиака и окислов азота; в аэробных условиях возможна кислотная коррозия сооружений вблизи очагов выделения аммиака, обеспечивающего развитие нитрификаторов;

4) зона, характерная для районов с интенсивным поступлением органических загрязнений со свалок и с полей орошения; реакция среды нейтральная; возможны процессы коррозии и угнетения растительности вблизи свалок;

5) зона, характерная для лесопарковой территории с фоновым развитием микробиологических процессов,

Радиационное загрязнение в городах, к сожалению, происходит как результат преступного, халатного обращения с радиоактивными компонентами и неконтролируемого выброса радиоактивных источников на городские свалки. Обнаружение каждого такого очага или источника загрязнения на территории города является чрезвычайным событием, а сам очаг подлежит экстренной проверке СЭС и немедленной ликвидации. В связи с этим городским санитарно-эпидемиологическим надзором регулярно проводится радиометрическая съемка потенциально опасных территорий в целях оперативного обнаружения радиоактивных очагов загрязнения.

Для создания обоснованной системы мониторинга городской территории или городской агломерации должна быть последовательно выполнена серия операций, включающая: анализ инженерно-геологических условий территории города и ее типизацию; анализ и типизацию техногенного воздействия; выявление характера и интенсивности изменений геологической среды и ее компонентов; оценку количественных показателей состояния геологической среды и ее изменения.

Лекция 6

МОНИТОРИНГ РАЙОНОВ АЭС

Развитие атомной энергетики, увеличение мощностей АЭС и строительство многоблочных крупных энергетических комплексов приводят к изъятию под их строительство значительных территорий. В процессе эксплуатации АЭС используются большие объемы водных ресурсов, возникают дополнительные

тепловые и радиационные воздействия на окружающую среду, активизируются некоторые опасные геодинамические процессы, что вызывает характерные изменения в различных звеньях природной системы. В силу этого в районах размещения АЭС формируются специфические природно-техногенные комплексы, отличающиеся определенными тенденциями изменений геологической среды, иногда приводящими к негативным эколого-экономическим последствиям. Затраты на восстановление естественного равновесия в таких комплексах обычно бывают чрезвычайно высоки.

Поэтому организация мониторинга геологической среды районов АЭС - дело первостепенной важности. В задачи мониторинга геологической среды районов АЭС входят:

- 1) прогноз развития геологической среды и ее элементов;
- 2) разработка рекомендаций и управляющих решений по оптимизации работы всей природно-технической системы (ПТС);
- 3) повышение надежности функционирования ПТС и экологической безопасности АЭС.

Разносторонние многолетние наблюдения за работой АЭС как в России, так и за рубежом показывают, что объектам атомной энергетики присущ специфический комплекс техногенных воздействий на геологическую среду, который обязательно должен приниматься во внимание при организации мониторинга в районах АЭС Эти воздействия можно объединить в несколько групп:

- 1) нарушение водного баланса;
- 2) изменение состояния и свойств пород в основании сооружений АЭС;
- 3) повышение активности тепломассопереноса;
- 4) загрязнение окружающей среды радиоактивностью.

Техногенное нарушение водного баланса в зоне влияния АЭС вызвано, как правило, резким снижением испарения под влиянием застройки и асфальтирования, усилением инфильтрации поверхностного стока, утечками из водных коммуникационных систем и водохранилищ, подпором естественных по-

токов подземных вод и связано прежде всего с большими объемами технологического водопотребления на АЭС, Указанные нарушения естественного водного баланса бывают столь велики, что даже при активной естественной дренированности территории они значительно превышают влияние гидролого-климатических факторов (в том числе периодов с повышенной водностью года). Интенсивное техногенное питание подземных вод способствует быстрому повышению уровней грунтовых вод на расстоянии 3-5 км и более от АЭС со скоростью 1,2-2,0 м в год. При расположении АЭС на водораздельных пространствах с глубинами до зеркала грунтовых вод около 10-15 м их площадки могут быть отнесены к практически подтопляемым территориям. Эти обстоятельства должны учитываться при организации наблюдательной сети мониторинга геологической среды, а постоянно действующая модель в системе мониторинга должна быть направлена на моделирование гидрогеологических условий территории.

Активная рать воды при изменении водного баланса территории АЭС проявляется и в изменении состояния, состава и свойств фунтов в основании сооружений АЭС. При их дополнительном водонасыщении возможны процессы снижения прочности, набухания глинистых грунтов, фильтрационных деформаций, просадки лёссовых грунтов и т.д. В зависимости от конкретных инженерно-геологических условий территории АЭС интенсивность и специфика проявления этих изменений в грунтах оснований могут быть различными, что также должно учитываться в системе мониторинга геологической среды. Особое внимание должно уделяться слабым и структурно неустойчивым грунтам (глинам, лессам, заторфованным грунтам и гл.).

Следующий фактор влияния на геологическую среду территорий АЭС - техногенное тепловое воздействие, которое возникает вследствие конструктивных особенностей различных сооружений АЭС и систем охлаждения атомного реактора. В результате этого с изменением водного и теплового баланса верхней зоны пород происходит повышение активности тепломассопе-

реноса и формируется контур геоэнергетического теплового взаимодействия системы объектов АЭС с геологической средой. Большинство объектов АЭС характеризуется значительным тепловыделением в окружающую среду, преимущественно в виде стока в местную гидрографическую сеть (сброс горячих вод). Повышение температуры инфильтрующихся техногенных вод, по сравнению с естественными подземными водами, создает предпосылки для развития устойчивых процессов тепломассопереноса (тепловлагопереноса, теплопаропереноса, термоосмоса), также меняющих состояние и свойства грунтов оснований АЭС. В наблюдательную сеть мониторинга геологической среды территорий АЭС должны обязательно включаться температурные наблюдения и контроль за процессами тепломассопереноса. Основную долю в энерговыделении АЭС в окружающую среду составляет тепло (до 70%). На современных АЭС вода используется в качестве главного теплоотводящего элемента в системе (сети производственно-технического водоснабжения, бассейны-охладители, градирни). Вокруг АЭС формируется устойчивое техногенное тепловое поле - температурная аномалия, протяженность которой в плане определяется теплофизическими свойствами пород и гидрогеологическими условиями территории. Некоторые данные о влиянии тепловых источников АЭС на нагрев грунтовых вод представлены в таблице 4.

Активному развитию процессов теплопереноса в районах АЭС способствуют следующие факторы: значительная заглубленность тепловыделяющих элементов энергетического комплекса в массивы горных пород; техногенное усиление инфильтраций иного питания грунтовых вод, сопровождающееся подъемом их уровней и ростом скоростей фильтрации; повышенным водопотреблением АЭС, по сравнению с другими объектами (в среднем около $2 \text{ м}^3/\text{с}$ против $1,1 \text{ м}^3/\text{с}$ на ТЭЦ при безвозвратных потерях $1 \text{ м}^3/\text{с}$ на каждые 1000 мВт).

Установлено, что наиболее высокие температуры фунтовых вод фиксируются в зоне охладительного бассейна АЭС и промплощадки. В зоне транзит-

ного движения, как правило, ограниченного в разрезах местным водоупором, отмечается относительная равномерность прогрева грунтовых вод. Наблюдается область устойчивого повышения температуры фунтовых вод от внешнего контура промплощадки и до зоны естественного движения грунтового потока (область конвективного переноса тепла), прослеживается тесная связь режима развития теплового поля с геофильтрационными параметрами подстилающих пород, проявляющаяся в сходном характере изменения градиентов уровней и температур.

Таблица 4

Нагрев грунтовых вод АЭС на различном расстоянии от источника

	Номер термометрической скважины							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Расстояние от источника нагрева, м	25	75	100	125	150	650	750	1000
Повышение температуры грунтовых вод, °С	11,0	3,5	2,2	1,5	1,2	1,0	0,7	0,5

Четвертый важнейший фактор техногенного влияния АЭС на геологическую среду связан с изменением геохимической обстановки. Как известно, современные атомноэнергетические комплексы представляют собой разветвленную цепь специфических промышленных объектов, среди которых выделяются: предприятия начального и среднего этапов (по добыче и переработке руд, обогащению урана, производству топлива); сами атомные электростанции; предприятия по переработке отработанного топлива; объекты временного хранения и окончательного захоронения радиоактивных отходов. Все эти объекты должны находиться в сфере действия мониторинга геологической среды. В результате их деятельности образуются газообразные, жидкие и твердые радиоактивные и другие отходы, которые частично поступают в окружающую и геологическую среду. Они и вызывают различные изменения радиационной, гидрохимической и геохимической обстановки. В таблице 5 приведены основные загрязнители окружающей среды.

Таблица 5

Приоритетные загрязнители окружающей среды предприятий,
в том н энергетических комплексов

Источник отходов	Тип радиоактивности	Физическое состояние	Типичные изотопы
Добыча и переработка радиоактивных руд	Естественная	Твердое	Уран-238 Радий-226 Торий-230
		Жидкое	Радий-226
		Газообразное	Радон-222
Изготовление уранового топлива на заводах	Естественная	Твердое	Уран-235
		Жидкое	Уран-235
		Газообразное	Уран-238
Эксплуатация атомных реакторов	Продукты деления топлива	Твердое	Кобальт-58 Кобальт-60 Железо-59 Марганец-59 Церий-144
		Жидкое	Цезий-134 Цезий-147 Тритий Йод-131 Стронций-90
		Газообразное	Азот-16 Аргон-41 Сера-33 Сера-35 Йод-129 Ксенон-133
Переработка топлива на заводах	Продукты деления транурановых элементов	Твердое	Америций-241 Стронций-90
		Жидкое	Цезий-137 Плутоний Церий-144 Тритий Цирконий-99
		Газообразное	Йод-131 Йод-129 Криптон-85

Как показывает опыт работы отечественных АЭС, их эксплуатационный режим оказывает незначительное радиохимическое воздействие на окружающую среду, не превышающее 2% от суммы космического и почвенного облучения. Сбросы в открытые водоемы невелики и составляют менее 37 ГБк долгоживущих нуклидов в год на 1000 мВт установленной мощности. Наибольший вклад в згу активность вносят изотопы цезия-134 и -137, а также некоторые радионуклиды - продукты коррозии.

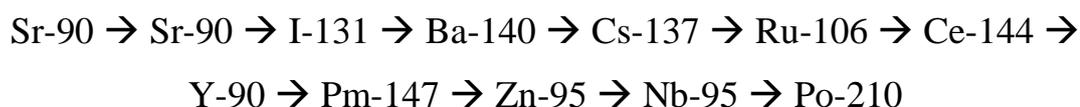
Наибольшую опасность представляют аварийные выбросы радионуклидов в окружающую среду, которые могут многократно перекрыть все фоновые нормативы. Радиоактивные вещества включаются в геохимический круговорот в биосфере и оказывают негативное воздействие на все живые организмы в период всего времени жизни. Например, стронций-90 и цезий-137 с периодами полураспада около 30 лет воздействует на несколько поколений человека.

В случае попадания радиоактивных веществ в объекты геологической среды мониторинг позволяет найти оптимальные способы локализации загрязнений и их ликвидации.

Разрабатывая в системе мониторинга геологической среды наблюдательную сеть, следует иметь в виду, что миграция радионуклидов в зоне гипергенеза осуществляется атмосферным, водным, биологическим и механическим (техногенным) путем. Сами элементы мигрируют в форме ионов, комплексных соединений, коллоидов, растворенных и свободных газов. На геохимических барьерах радиоактивные элементы теряют свою подвижность, как, например, цезий в глинистых почвах и торфяниках. В зоне гипергенеза наиболее распространенным является карбонатный геохимический барьер, который контролирует концентрацию щелочноземельных и многих других элементов. Он проявляется как в окислительной, так и в восстановительной обстановке. В системе мониторинга наличие природных геохимических барьеров должно учитываться в первую очередь.

Основное внимание следует уделять также радионуклидам, которые пе-

реносятся водой в ионной, молекулярной или комплексной форме. Именно эти формы усваиваются биотой, а значит, создают пути биологической миграции в организм человека - так называемые пищевые цепи. В случае попадания радионуклидов в воду они усваиваются аналогично стабильным элементам. При этом практическое значение имеют в первую очередь только долгоживущие радионуклиды, например цезий-137, стронций-90, плутоний-239. По степени поступления в растения из почвы радионуклиды можно расположить в следующий ряд:



Миграция радионуклидов зависит также от типа почвы, которая определяет ее поглотительную способность: наименьший переход радионуклидов отмечается из черноземных высокогумусных почв, наибольший - из торфяно-болотистых почв.

В случае рядовых аварий атомных реакторов (без расплавления активной зоны и выбросов ядерного горючего во внешнюю среду) происходит выделение радионуклидов в атомарном или молекулярном состоянии. Их форма нахождения в природных образованиях, в том числе подземных водах, та же самая, что и продуктов глобальных выпадений после ядерных испытаний в атмосфере.

Долгоживущие радионуклиды включаются в геохимические циклы и попадают в пищевые цепи, не говоря уже о загрязнениях атмосферы мелкодисперсными частицами.

Трансурановые элементы, являясь излучателями альфа-частиц, чрезвычайно токсичны при респираторном поступлении в легкие человека, С пылью они попадают в поверхностные и подземные воды.

Интенсивная пространственно-временная изменчивость пача распределения техногенных радионуклидов обуславливает применение в системе мониторинга трендового анализа в качестве основного метода оценки и прогноза гид-

рогеохимической (эколого-геологической) обстановки.

Результаты наблюдений за миграцией радионуклидов должны обрабатываться в единой автоматизированной информационной системе (ЛИС) мониторинга геологической среды регионального или национального уровня.

В целом, гидрогеохимический мониторинг территорий АЭС должен базироваться на использовании основных методических положений геохимической картирования территорий, включающего принципы обоснования состава исследований, размеров сети опробования основных элементов геологической среды.

ПРИМЕРЫ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ

1. Экологический мониторинг - это:

1. Наблюдение за состоянием окружающей среды.
2. Прогноз экологической ситуации.
3. Система наблюдений, анализа и прогноза состояния окружающей среды.
4. Анализ получаемых данных о состоянии окружающей среды.
5. Система наблюдений за состоянием окружающей среды.

2. ПДК - это:

Норматив, определяющий количество вредного вещества в определенном объеме окружающей среды, которое практически не влияет на здоровье человека.

1. Концентрация вредного вещества в окружающей среде.
2. Допустимое содержание выбросов в воздухе.
3. Характеристика загрязнения среды.

3. По каким показателям можно получить точную и объективную оценку качества воды?

1. По прозрачности.
2. По отсутствию запаха.
3. По отсутствию пузырьков газа.
4. По значениям ПДК по каждому показателю.

4. Назовите основной источник поступления углекислого газа в атмосферу:

1. *Предприятия топливно-энергетического комплекса.*
2. Химические заводы.
3. Железнодорожный транспорт.
4. Сточные воды.

5. Какие меры наиболее реальны и эффективны для снижения запыленности воздуха населенных пунктов?

1. Установление санитарно-защитных зон.
2. *Удаление промышленных предприятий из населенного пункта.*
3. Ограничение движения автотранспорта.
4. Ликвидация пустырей и стройплощадок.

6. Содержание каких минеральных солей обуславливает общую жесткость воды?

1. Сульфаты и хлориды.

2. Карбонаты и гидрокарбонаты.
3. Нитраты.
4. Соли кальция и магния.

7. Эвтрофикации водоемов способствует повышенное содержание в воде:

1. Минеральных солей.
2. Растворенного кислорода.
3. Взвешенных частиц.
4. Микробиологических загрязнений.

8. К каким загрязнителям воздуха наиболее чувствительны лишайники?

1. Озон.
2. Диоксид азота.
3. Диоксид серы.
4. Диоксид углерод.

9. Какой газ представляет наибольшую экологическую опасность для людей, проживающих и работающих в условиях подвальных и полуподвальных помещений?

1. Озон.
2. Гелий.
3. Диоксид азота.
4. Радон.

10. Какие загрязнители почв приобретают повышенную подвижность только в условиях кислых почв?

1. Минеральные соли.
2. Тяжелые металлы.
3. Удобрения.
4. Нефтепродукты.

11. Установите соответствие между качественным и количественным составом атмосферного воздуха

1) азот	а) 78,084	Ответ:
2) кислород	б) 0,03	1-а, 2-в, 3-б, 4-г
3) углекислый газ	в) 20,9	
4) водород	г) 1,4	

12. Созданию глобальных систем мониторинга, состояния окружающей среды положила начало конференция:

1. в Лондоне в 1972 г.
2. в Монреале в 1987 г
3. в Стокгольме в 1972г.
4. в ноябре 1979 г. в Женеве

13. Сточные воды, использованные в технологическом процессе производства или получающиеся при добыче полезных ископаемых, называются:

1. производственные
2. бытовые
3. атмосферные
4. комбинированные

14. Комплексная система наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием антропогенных факторов называется:

1. мониторингом
2. импактным мониторингом
3. экологическим мониторингом
4. базовым мониторингом

15. Слежение за общебиосферными (природными) явлениями без наложения региональных антропогенных влияний называется:

1. мониторингом
2. импактным мониторингом
3. экологическим мониторингом
4. базовым мониторингом

16. Мониторинг выделения в окружающую среду загрязняющих веществ и/или других субстанций воздействия (шум, ЭМИ и др.).

1. мониторингом эмиссий
2. импактным мониторингом
3. экологическим мониторингом
4. базовым мониторингом

17. Посты, служащие для проведения систематических наблюдений, оборудованные специальными павильонами, оснащенными необходимой аппаратурой для отбора проб воздуха и непрерывной регистрации содержа-

ния вредных примесей в атмосфере, а также приборами для определения метеорологических параметров, называются:

1. передвижными
2. маршрутными
3. подфакельными
4. *стационарными*

18. При нормировании качества воды в водоемах питьевого и культурно-бытового назначения не используют ... лимитирующего показателя вредности:

1. санитарно-токсикологический
2. общесанитарный
3. органолептический
4. *рыбохозяйственный*

19. К оборудованию для улавливания пыли сухим способом, относятся:

пылеосадительные камеры

1. *циклоны*
2. абсорберы
3. скрубберы
4. пенные аппараты

20. Дождевые и от таяния снега сточные воды, называются:

1. производственные
2. бытовые
3. *атмосферные*
4. комбинированные

21. Подфакельные посты:

1. *следят за распространением выбросов из заводских труб, сообщая о случаях критических ситуаций*
2. служат для уточнения места расположения стационарных постов
3. осуществляют контроль за 3 - 4 приоритетными веществами
4. получают информацию о фоновых уровнях концентрации атмосферных составляющих, их вариациях и долгопериодных изменениях

22. Газ без цвета и запаха, кровяной яд, в основном поступает от машин:

1. *CO*

2. CO₂
3. SO₂
4. NO₂

23. Глобальный мониторинг

1. составляющих, их вариациях и долгопериодных изменениях
2. позволяет выявить основные пути распространения загрязняющих веществ на большие расстояния
3. используется неконтактные методы анализа, не требующие взятия проб
4. определяет состав газовых выбросов в источнике
5. *получает информацию о фоновых уровнях концентрации атмосферных*

24. Вещества, которые прямо или косвенно порождены человеческой деятельностью и не присущи биоте, называются:

1. персистентные вещества
2. *ксенобиотики*
3. экотоксиканты
4. биогенные вещества

25. При нормировании качества воды в водоемах питьевого и культурно-бытового назначения не используют ... лимитирующего показателя вредности:

1. санитарно-токсикологический
2. общесанитарный
3. органолептический
4. *рыбохозяйственный*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Конституция Российской Федерации: официальный текст. М.: Омега - Л, 2006. 38 с. (Библиотека Российского законодательства).
2. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01. 2002 года № 7-ФЗ // Российская газета. 2002. № 6. 12 янв.
3. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.97 года № 116 –ФЗ // Парламентская газета. 2006. № 2.
4. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др. М.: Высш. шк., 2004. 606 с.
5. Бондарь А.Г., Статюха Г.А. Планирование эксперимента в химической технологии. Киев: Вища школа, 1976. 184 с.
6. Быстров А.С. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды. М.: Экономика, 1986. 96 с.
7. Вредные химические вещества. Радиоактивные вещества / В.А. Баженов, И.Я. Булгаков, В.Ф. Василенко и др. Л.: Химия, 1990. 464 с.
8. Девясилов В.А. Охрана труда: учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования. М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2003. 400 с.: ил. (Серия «Профессиональное образование»).
9. Королев В.А. Мониторинг геологической среды: учебник / под ред. В.Т. Трофимова. М.: Изд-во МГУ, 1995. 272 с.
10. Лихачев Н.Н. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. М.: Стройиздат, 1981. С. 24-40.
11. Лопанов А.Н. Рациональное природопользование и экологическая экспертиза: конспект лекций. Белгород: БТИСМ, 1993. 96 с.
12. Лопанов А.Н., Климова Е.В. Мониторинг и экспертиза безопасности

жизнедеятельности: учеб. пособие. Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. 201 с.

13. Медоуз Д. Л. Системное поведение «мания» — структура и загрязнение окружающей среды // Зеленый мир. 1992. № 11, 12. С. 8—10.

14. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД — 86). Л.: Гидрометиздат, 1987. 93 с.

15. Методические указания по определению эколого-экономической эффективности технологических процессов и производств в дипломных проектах и работах. М.: МХТИ, 1985. 48 с.

16. Налимов В.В. Теория эксперимента. М.: Наука, 1971. 284 с.

17. Новиков Г.В., Дударев А.Я. Санитарная охрана окружающей среды современного города. Л.: Медицина, 1978. 216 с.

Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнений. М., 1988. 64 с.

18. Тарасова Н.П. Экология: глобальные проблемы современности // Зеленый мир. 1992. № 9, 10. С. 8-9.

Учебное издание

Наталия Евгениевна Сакович

МОНИТОРИНГ БЕЗОПАСНОСТИ

КУРС ЛЕКЦИЙ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

ДЛЯ СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ 20.04.01 ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

(УРОВЕНЬ МАГИСТРАТУРЫ)

Редактор Павлютина И.П.

Подписано в печать 26.06.2021 г. Формат А5.
Усл. печ. л. 3,66. Тираж 25 экз. Изд. № 6135.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365, Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ