

Задание на 19.11.2020 г. Важно: адрес моей электронной почты weral0606@yandex.ru. Со всеми вопросами обращаться в рабочее время Работы на проверку представляем в рукописном сканированном варианте или в Word, затем после получения разрешения, размещаем в личном кабинете, предварительно переводим графику и текст в PDF.

· МОНИТОРИНГ РАЙОНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО И ГИДРОМЕЛИОРАТИВНОГО ОСВОЕНИЯ

Поскольку районы сельскохозяйственного использования часто являются и районами гидромелиоративного освоения, их целесообразно рассмотреть вместе при анализе особенностей организации мониторинга геологической среды. Земельный фонд Российской Федерации по данным на 1993 г. составляет 1,7 млрд га. В пользовании сельскохозяйственных предприятий находится 650 млн га, в том числе сельхозугодий — 215 млн га, из них пашни — 132 млн га.

Районы сельскохозяйственного использования характеризуются специфическим набором техногенных воздействий на геологическую среду, что необходимо учитывать в первую очередь при организации наблюдательной сети мониторинга. Территория, на которой осуществляется сельскохозяйственная деятельность в зависимости от вида деятельности, испытывает разную нагрузку. В связи

с этим необходимо различать определенные виды этой деятельности: овощеводство, выращивание зерновых культур, выращивание технических культур (лен, хлопок, подсолнечник, табак и др.), выращивание кормовых культур, животноводство (выращивание крупного рогатого скота, свиноводство, овцеводство, птицеводство и др.). Каждый вид сельскохозяйственной деятельности и ее продукции характеризуется приуроченностью к определенным ландшафтно-климатическим зонам, агропочвенным комплексам, гидрогеологическим условиям территорий, что надо иметь в виду при организации мониторинга.

Выращивание множества сельскохозяйственных культур предполагает использование часто принципиально различных агротехнических приемов, внесения разных по составу удобрений, разных режимов полива и т.д. Те или иные отрасли животноводства также оказывают разное воздействие на окружающие ландшафты и геологическую среду. Например, с овцеводством, в частности с перевыпасом овец, в горных областях связаны такие широко распространенные процессы, как эрозия почв (пастбищная эрозия), активизируемая вслед за ней ветровая и водная эрозия, общее угнетение ландшафтов и растительности, стимулирующее развитие негативных склоновых процессов, в том числе — селей. Такие цепочки можно проследить применительно к каждому виду сельскохозяйственной деятельности, их учет должен лежать в основе разработки систем мониторинга. Примером землепользования, когда недопустима высокая техническая нагрузка на ландшафт приводит к негативным результатам, являются Черные земли Калмыкии, где ежегодно площадь песков возрастает на 40-50 тыс. га (данные Агропрома). Пастбища не выдерживают давления промышленного животноводства и деградируют.

С сельскохозяйственной деятельностью в основном связаны такие техногенные воздействия на геологическую среду, как:

химическое загрязнение почв, горных пород, подземных вод, возникающее за счет избыточного внесения гербицидов, пестицидов, удобрений, использования ядохимикатов; биохимическое и микробиологическое загрязнение почв, грунтов и подземных вод за счет складирования кормов, силосных ям, избыточного внесения навоза, неправильного его хранения, утечек сточных вод на животноводческих фермах, земель сельскохозяйственных полей орошения и т.д.;

искусственные поливы, вызывающие подтопление территорий или вторичное засоление почв и грунтов, нарушающие гидрогеологический режим;

эрозия и деградация почв, провоцируемая как неправильными агротехническими приемами, так и другими антропогенными факторами, в частности перевыпасом скота и т.п.

Характерной особенностью техногенных воздействий в районах сельскохозяйственной деятельности является то, что практически все техногенные воздействия в этих районах в первую очередь действуют на почву как самый верхний, ничем не защищенный от воздействий горизонт зоны аэрации. Поэтому почва оказывается главным индикатором устойчивости геологической среды к техногенным воздействиям, ее чувствительности и измененности. Почва представляет собой основную границу раздела, где идут активные процессы тепло- и массопереноса, это аккумулятор большинства техногенных химических загрязнений, главный сорбент и разрушитель многих токсикантов. Однако буферная способность почв не безгранична. Это обстоятельство выдвигает на первый план организацию почвенного мониторинга в районах сельскохозяйственной деятельности как подсистемы мониторинга геологической среды.

Следует отметить, что сеть систематического контроля за состоянием и загрязнением почв пока в пределах России крайне ограничена и в сущности еще в должной мере не организована. В системе общего мониторинга окружающей среды главное внимание уделяется загрязнению воздуха и водоемов, а почвы и грунты, к сожалению, стоят на одном из последних мест. Так, к 1985 г. число установленных ПДК веществ, загрязняющих водоисточники, превышало 800, загрязняющих атмосферный воздух, — около 300, а для почв и грунтов — всего лишь около 20.

Впервые идея создания почвенного мониторинга (педомониторинга) была высказана в 80-е годы. Необходимость организации такой службы все более возрастает, поскольку размеры антропогенной нагрузки на почвы с каждым годом увеличиваются.

Комплексный почвенный мониторинг должен быть направлен на достижение важнейших целей. Общий перечень задач, стоящих перед

почвенным мониторингом, достаточно широк. На современном этапе главными из них, согласно Г.В. Добровольскому, В.А. Ковде, Л.А. Гришиной, Д.С. Орлову, В.Д. Васильевской и др., являются:

1) своевременное (раннее) обнаружение неблагоприятных изменений свойств почв и почвенного покрова при различных видах его использования, а также при развитии естественного почвообразовательного процесса;

2) контроль за состоянием почв по сезонам года (динамика свойств) под сельскохозяйственными культурами для выдачи своевременных рекомендаций по применению регулирующих мероприятий;

3) оценка среднегодовых потерь почв (скорости потерь почвы в результате дождевой, ирригационной и ветровой эрозии);

4) обнаружение регионов с дефицитным балансом основных элементов питания растений, обнаружение и оценка скорости потерь гумуса, азота и фосфора;

5) контроль за изменением кислотности и щелочности почв, особенно в районах с внесением высоких доз минеральных удобрений, а также при ирригации, использовании при мелиорации промышленных отходов и в крупных промышленных центрах, характеризующихся высокой кислотностью атмосферных осадков;

6) контроль за изменением солевого режима орошаемых и удобряемых почв;

7) контроль за загрязнением почв тяжелыми металлами вследствие глобальных выпадений;

8) контроль за локальными загрязнениями почв тяжелыми металлами в зоне влияния промышленных предприятий и транспортных магистралей, а также пестицидами в регионах их постоянного использования, детергентами и бытовыми отходами на территориях с высокой плотностью населения;

9) долгосрочный и сезонный (по фазам развития растений) контроль за влажностью, температурой, структурным состоянием, водно-физическими свойствами почв, и содержанием в них элементов питания растений;

10) экспертная оценка вероятного изменения свойств почв при проектировании гидреустроительств, мелиорации, внедрении новых систем земледелия, удобрений и т.п.;

11) инспекторский контроль, за размерами и правильностью отчуждения пахотно-пригодных почв для промышленных и коммунальных целей.

Практическая организация почвенного мониторинга в России должна основываться из опыте зарубежных стран и собственных научных проработках. Вследствие огромных размеров территории страны, а также недостаточной технической оснащенности почвенный мониторинг целесообразно проводить не на всей площади, занятой почвами (как принято в большинстве европейских стран), а на фиксированных контрольных участках, репрезентативно характеризующих почвенный покров территорий, на которых проводится разбивка наблюдательной сети СППИНФов. Такие участки выбираются в пределах одного водосборного бассейна и занимают площади от нескольких десятков гектаров до нескольких квадратных километров, они должны быть гидрологически изолированными и максимально гомогенными в геологическом отношении. Внутри зоны водосбора необходимо наличие достаточно широкой представительности доминирующих типов фитоценозов и почв региона. Для контроля загрязнений пробные участки располагают на разном расстоянии от источников загрязнений в соответствии с общими требованиями к разбивке наблюдательной сети СППИНФов. Фоновые участки должны находиться вне зоны действия источников загрязнения, на расстоянии не менее 10-15 км. При высоких фоновых уровнях загрязняющих веществ это расстояние может быть меньшим, при низких — большим. Все участки должны характеризоваться сходным составом и свойствами почв, природных вод и растительного покрова. При проведении фонового мониторинга следует осуществлять наблюдения за возможно большим числом естественных биогеоценозов.

Текущий контроль за состоянием сельскохозяйственных угодий проводится с применением сплошной площадной аэро- или космической съемки при выборочном контроле на стационарных или временных наземных пунктах наблюдения мониторинга (СППИНФ). При этом контрольными являются поля с традиционной системой земледелия без наложения химических или гидротехнических мелиораций.

Существенными вопросами в почвенном мониторинге являются выбор контролируемых показателей, периодичность наблюдений и методы измерений. Контролируемые показатели для почв частично отличаются от таковых для грунтов, что обусловлено спецификой почв как особых природных образований. Перечень показателей должен быть оптимальным, обеспечивающим реальность исполнения и не вызывающим потерю информации. Система контролируемых показателей должна включать обязательные для всех видов почв и специфические для почв одного или нескольких типов параметры, а также показатели, обусловленные природой различных загрязняющих веществ. Согласно Э.Н. Гапонюк и С.Г. Малахову (1989), общая система показателей для почвенного мониторинга представлена в табл. 21. В почвенном мониторинге сложились определенные наборы показателей ранней, текущей и долгосрочной диагностики, которые позволяют оценивать изменения почв на разных стадиях и этапах техногенного воздействия. К показателям ранней диагностики, определяемым несколько раз за сезон и позволяющим выявить начальные стадии изменений почв, относятся: показатели биологической активности почв, численный и видовой состав микроорганизмов и беспозвоночных, их биомасса; ферментативная активность почв, интенсивность выделения CO₂; характеристики кислотно-основного, ионно-солевого режимов почв и pH.

Показатели текущего контроля и среднесрочной диагностики определяются с периодичностью от одного раза за сезон до одного раза в 2-5 лет. К ним относятся показатели катионообменных свойств почв; содержание доступных для растений элементов; мощность и запасы подстилки; состав

гумуса. Для долгосрочной диагностики показатели контролируются один раз за 5-10 лет и более. К ним относятся: валовый состав почв, включая содержание тяжелых металлов, минеральный состав; содержание и запасы гумуса; показатели структуры и физических свойств почв.

В зависимости от распространения почв в пределах различных ландшафтов (лесных экосистем, сельскохозяйственных угодий разных типов, городских и парковых, садовых и т.д.) организация системы мониторинга имеет свои особенности как по структуре, так и по контролируемым показателям, что обусловлено, прежде всего, разным характером техногенных воздействий в пределах этих ландшафтов. Например, мониторинг почв лесных экосистем связан в основном с контролем загрязнений, образующихся в результате глобальных выпадений из атмосферы химических веществ или глобальных климатических изменений. Техногенное воздействие на почвы лесных экосистем связано с последствиями вырубки лесов, прокладкой дорожных магистралей, продуктопроводов, линий связи и ЛЭП, собственно антропогенной нагрузкой. По мнению многих ученых, наибольший ущерб биосфере планеты наносится именно вырубкой лесов, которые являются продуцентами органического вещества и кислорода на планете, выполняют климатообразующую, водоохранную, противо-эрозионную и санитарную функции. Леса в значительной степени определяют не только сохранение экологического равновесия, нормальное функционирование биосферы, но существенно влияют и на компоненты геологической

Таблица 21

Контролируемые показатели почвенного мониторинга
(по Э.Н. Гапонюк и С.Г. Малазову, 1989)

Оцениваемые показатели	Основные показатели	Дополнительные показатели
Степень загрязнения	Общее содержание загрязняющих веществ в почве, мг/кг Коэффициенты накопления	
Физико-химические	pH, еН Гидролитическая кислотность, мг · экв/100 г	Титруемая щелочность, мг · экв/100 г Содержание карбонатов (бикарбонатов) Содержание окисленных и восстановленных форм элементов с переменной валентностью
Общие показатели	Сумма поглощенных оснований, мг · экв/100 г Микроагрегатный и гранулометрический составы Удельная электропроводность, 1/ом · см	Емкость катионного обмена, мг · экв/100 г Степень засоления, % Сухой остаток, % Степень эродированности, %
Миграционные	Содержание экстрагируемых форм химических элементов, мг/л Транслокация в растения Испарение Миграция по профилю	Подвижность органо-минеральных компонентов, мг/л
Буферные	Устойчивость гумуса Устойчивость почвенного поглощающего комплекса Устойчивость кислотно-основных свойств Устойчивость ферментативной активности	Обобщенный показатель реакции почвы на загрязнение
Агрохимические	Общее содержание гумуса, % Общее содержание азота, фосфора, калия, %	Групповой состав гумуса Содержание водорастворимых органических веществ, мг/100 г Содержание подвижных форм азота, фосфора, калия, мг/кг
Токсические	Активность дегидрогеназ, мкл N ₂ /г в сут Дыхание почвы (по выделению CO ₂ или поглощению O ₂ , % Фитотоксичность (по изменению энергии прорастания), %	Общая каталитическая активность (разложение перекиси) Активность ферментов в циклах углерода, азота и фосфора Влажность завядания, % Содержание токсичных форм элементов

среды, во многом обуславливая гидрогеологические, геокриологические и инженерно-геологические условия территории. По разным данным за исторический период человеком уничтожено от 15 до 67% первоначальной площади лесов (каждую минуту в мире уничтожается 20 га леса). Тропические леса вырублены на 50% площади, а в умеренной зоне площадь лесов сократилась на 30-40%, при этом в Великобритании осталось всего 5%

первоначальной площади лесов, в Центральной и Южной Европе — 8-20, в Финляндии и Швеции — 50-65, в США — 50%.

Наибольшее количество загрязнителей в почвы лесных экосистем поступает из атмосферы в виде глобальных и региональных выпадений. Среди них наиболее опасны сера и ее соединения (SO_2 и др.), оксиды азота и углерода, тяжелые металлы, микроэлементы, фториды, озон, углеводороды. Глобальные выпадения серы связаны с выбросами ее в атмосферу в результате функционирования топливно-энергетической промышленности, формирующей так называемые сернистые ландшафты (рис. 41). Из атмосферы соединения серы в результате соединения с водяными каплями облаков и дождя выпадают чаще всего в виде так называемых "кислотных дождей", pH которых снижается до 3,0-5,5, что намного ниже по сравнению с обычными (pH=5,6-5,7). В Западной Европе зарегистрированы отдельные кислотные дожди с pH=2,0-3,0, В России закисление осадков характерно для всей западной части европейской территории (pH=4,5-4,9). Фоновые поступления в почву соединений серы с осадками составляют по разным данным от 2 до 10 кг на 1 га за год. В промышленных районах эти цифры намного превышаются и достигают 60-100 кг/га за год, а в Рурской области, например, поступление серы составляет 1800 кг/га за год.

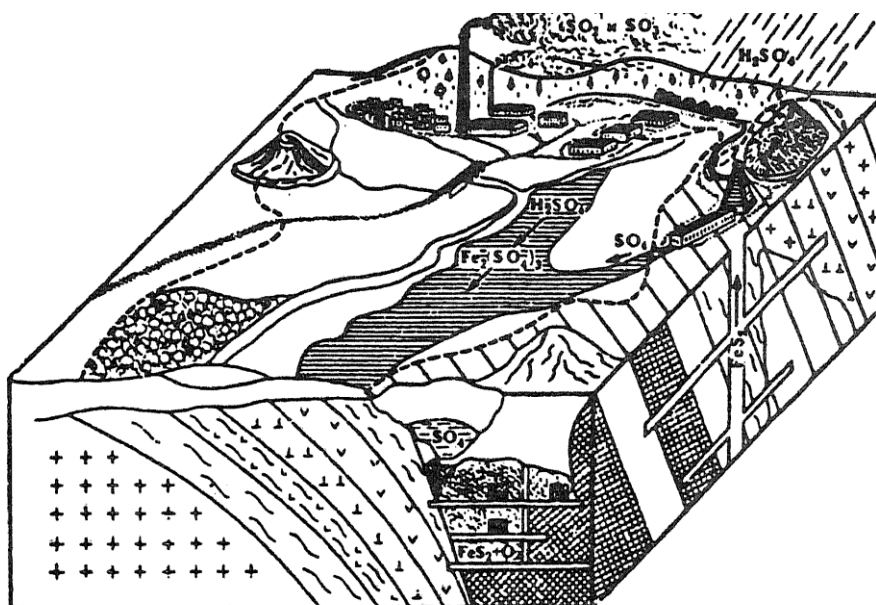


Рис. 41. Блок-диаграмма серноокислого ландшафта (по В.Г. Прохорову)

Часть атмосферных выпадений задерживается растениями, а часть проникает в почву и оттуда в грунты и подземные воды. Некоторые данные об атмосферных загрязнителях, поглощаемых лесными экосистемами, приведены в табл. 22, а критические кислотные нагрузки на почвы указаны в приложении 5. Выбросы токсичных металлов в виде пыли и аэрозолей составляют до 0,5 млн т за год, выбросы же механических и химических загрязнителей в виде пыли — 200-250 млн т/год. Источниками этих выбросов чаще всего являются теплоэлектростанции, цементные и металлургические заводы. Например, выпадения цементной пыли вблизи цементного

Таблица 22

*Расчетные величины поглощения атмосферных
загрязнителей лесными экосистемами Земли, кг/год
(по Л.А. Гришиной и др., 1991)*

Загрязнитель	Компоненты лесных экосистем:		
	растительность	почвы	сумма
Диоксид углерода	$70 \cdot 10^{12}$	—	—
Оксид углерода	$5 \cdot 10^{10}$	$50 \cdot 10^{10}$	$55 \cdot 10^{10}$
Диоксид серы	$0,675 \cdot 10^{12}$	$200 \cdot 10^{12}$	$201 \cdot 10^{12}$
Окись азота	$1 \cdot 10^{11}$	$35 \cdot 10^{11}$	$36 \cdot 10^{11}$
Углеводороды (этилен)	—	$40 \cdot 10^9$	—
Озон	$0,03 \cdot 10^{12}$	$45 \cdot 10^{13}$	$45 \cdot 10^{13}$
Свинец	—	$100 \cdot 10^6$	—

завода составляют около 3 кг/год на 1 м², в фоновых районах на поверхность почвы поступает почти в тысячу раз меньше пыли — 7-10 г/год на 1 м². ПДК некоторых элементов в почвах указаны в приложении 6.

В районах сельскохозяйственных угодий и различных видов земледелия загрязнение почв связано прежде всего с внесением удобрений (азотных, калийных, фосфорных), обработкой культур пестицидами и гербицидами. Нормирование загрязнения почв с разработкой научно обоснованных ПДК — задача еще далеко не решенная.

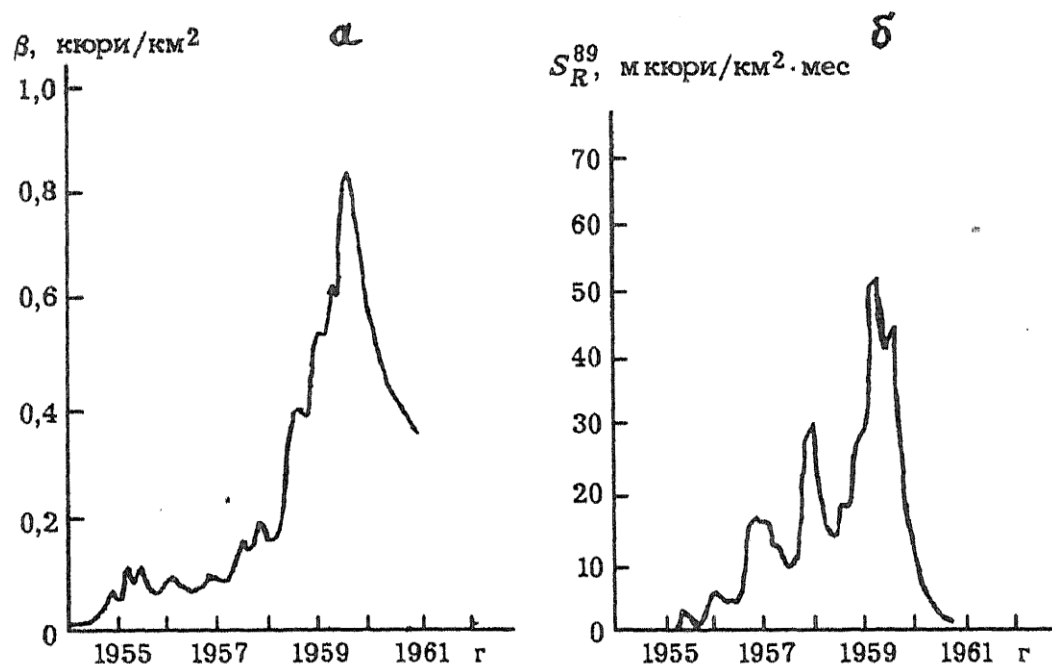


Рис. 42. Накопление суммы β -активных продуктов, выпавших в окрестностях Санкт-Петербурга (а) и плотность глобального выпадения Sr-89 в Англии (б) за период 1954–1960 гг. (по С.В. Нершину и А.Ф. Чудновскому, 1967)

Для оценки фоновых значений показателей почв необходимо выявление участков почв, не затронутых сельскохозяйственной деятельностью. В настоящее время целинные земли сохранились лишь в ряде заповедников. Одним из методов оценки техногенной "ненарушенное™" почв (и грунтов верхней зоны аэрации) является изотопный анализ по определению содержания цезия-137 — одного из компонентов глобальных радиоактивных выбросов после' начала испытаний ядерного оружия в атмосфере в период 1954-1966 гг. (рис. 42). В США этот метод используется для оценки эродированности почв. Суть метода заключается в том, что цезий-137 сорбируется почвой в верхних 5 см, если данная почва "целинная". Если же она обрабатывалась, перемешалась и т.д., то распределение цезия-137 по профилю будет равномерным или более сложным. Таким образом, отбирая пробы по профилю и определяя на гамма-спектрометре абсолютную и относительную концентрацию в них изотопа цезия-137, затем делают

вывод о ненарушенности или нарушенности данной почвы (по крайней мере за период с 1954 г.).

При организации мониторинга в районах земледелия следует иметь в виду и оценку геохимической устойчивости почв, в частности, устойчивость к техногенному подкислению. Последняя обусловлена наличием в почвах нескольких буферных зон, главными из которых являются:

карбонатная зона ($6,2 < \text{pH} < 8,6$), характерная для карбонатных почв и обладающая высокой буферной емкостью, активно нейтрализующей кислотные дожди (см. приложение 5);
силикатная зона ($5 < \text{pH} < 6,2$), обусловлена реакциями выветривания силикатов, обладает низкой буферной емкостью;

катионообменная зона ($4,2 < \text{pH} < 5$), обусловленная реакциями ионного обмена и определяемая величиной емкости обмена;

алюминиевая зона ($3 < \text{pH} < 4,2$), обладающая высокой буферной емкостью и обусловленная реакциями свободного водорода с алюмосодержащими минералами.

Наряду с этими зонами вклад в буферность почв вносят железосодержащие соединения и органическое вещество почв. Установлено, что сильнокислые, высокобуферные, близкие к нейтральным, или щелочные почвы сравнительно устойчивы к подкислению при современном уровне антропогенной кислотной нагрузки. Однако слабокислые почвы, обладающие низкой буферностью, промывным типом водного режима и слабой способностью к связыванию анионов (особенно сульфатов), могут быть чувствительными к длительному кислотному воздействию (см. приложение 5).

Расширение сети мониторинга почв на основе единой комплексной программы позволит оценить состояние и дать прогноз антропогенной эволюции почв в условиях промышленного загрязнения разного состава и интенсивности, более четко выявить параметры устойчивости почв и величины критических нагрузок на них.

В районах гидромелиоративного освоения территорий мониторинг геологической среды должен строиться с учетом основных особенностей гидромелиоративного строительства. К ним относятся:

большие осваиваемые площади территорий при сравнительно малой глубине (мощности) техногенного мелиоративного профиля; тесная зависимость почвенно-мелиоративных условий территорий от их инженерно-геологических и гидрогеологических условий;

часто отсутствие возможности выбирать "лучшие" геологические условия на мелиорируемых территориях.

В Российской Федерации около 6 млн га орошаемых (в основном Поволжье, Северный Кавказ, низовья Дона) и более 5 млн га осушаемых земель. Из-за недостатков проектирования, низкого качества строительства и культуры эксплуатации мелиоративных систем значительная часть земель находится в неудовлетворительном состоянии. Так, около 60% сельскохозяйственных угодий расположено на эродированных и эрозионно-опасных землях.

Площади вовлеченных в мелиорацию земель нередко соизмеримы с площадью крупных геологических регионов. При этом наибольшие изменения геологической среды проявляются на особенно крупных орошаемых массивах земель в южных районах России, в равнинно-степных условиях Средней Азии (особенно в Узбекистане и Казахстане), на юге Украины, в Крыму. А среди них наиболее сильные эволюционные преобразования геологической среды отмечаются в староорошаемых районах, таких, как бассейн Амударьи и Аральского моря, где вслед за изменением гидрогеологических и мелиоративных условий изменился и микроклимат территории, и основные ландшафтные компоненты — почвы, растительность, животный мир.

При мелиоративном освоении территорий происходят три основные группы изменений геологической среды, которые необходимо иметь в виду при планировании и создании системы мониторинга:

1) изменения, связанные с регулированием и перераспределением речного стока для гидромелиорации;

2) изменения, связанные с ведением собственно орошаемого земледелия;

3) изменения, сопутствующие гидромелиорации и связанные с ней косвенно.

К первой группе относятся изменения геологической среды, обусловленные: осушением естественных водоемов; затоплением и подтоплением территорий; переработкой берегов при создании водохранилищ; аккумуляцией ирригационных осадков; изменением гидростатического напора в породах; развитием явлений подпора подземных вод. Эта группа факторов вызывает наиболее существенные изменения геологической среды. И здесь уместно упомянуть проблему переброски ряда сибирских рек в засушливые районы Средней Азии, которая активно дебатировалась на разных уровнях в 70-80-е годы.

Со второй группой связаны изменения геологической среды, обусловленные собственно орошаемым земледелием и его последствиями: изменением водно-солевого баланса пород зоны аэрации; изменением режима и запасов подземных вод под орошаемыми полями;

подтоплением и заболачиванием территорий; вторичным засолением почвы грунтов» Все эти отрицательные явления часто вызваны неправильной организацией мелиоративной системы или ее неправильной эксплуатацией, нарушением технологий.

При орошении за счет потерь на инфильтрацию возрастает дополнительное питание грунтовых вод. С оросительной водой в грунтовые воды часто поступает значительная масса солей, их концентрация может существенно возрасти и при растворении солей, содержащихся в породах зоны аэрации. При подъеме грунтовых вод в районах с низкой естественной дренированностью до глубин 3-4 м и менее резко возрастает их расход на испарение и транспирацию растениями, что при недостаточности естественного и искусственного дренажа приводит к засолению почв и

грунтов и соленакоплению в грунтовых водах. Выделение засоленных и незасоленных грунтов проводится по СНиП 2.02.01-83.

В аридной зоне основная проблема орошения - - борьба с вторичным засолением почв. Вторичное засоление почв и пород зоны аэрации развивается, когда в условиях плохого дренажа за счет орошения уровень подземных вод поднимается до глубин 2-3 м от поверхности. Интенсивное испарение капиллярной воды и ее расход на транспирацию растениями вызывает выпадение солей из порового раствора на поверхности минеральных частиц и почвенной органики. Кристаллизующиеся соли закупоривают поровое пространство почв и грунтов, снижают их фильтрационную способность и капиллярную водопр-водимость, цементируя контакты между частицами, они существенно видоизменяют микро- и макростроение грунтов и почв, что в итоге сказывается на комплексе их физических, физико-химических и физико-механических свойств. Вторичное засоление резко ухудшает естественную дренированность почв и массивов, это в свою очередь вызывает развитие на них процессов заболачивания и подтопления. Несмотря на то, что явление вторичного засоления достаточно хорошо изучено, тем не менее пока отсутствуют основы научного прогнозирования и целенаправленного управления этим процессом. В силу этого существенно возрастает значение мониторинга геологической среды в районах развития вторичного засоления почв и грунтов.

Общий сельскохозяйственный водозабор на территории России составляет около 40 км³/год, при этом на орошение расходуется 32 км³/год. Из них 40% вод оказываются возвратными. Часть этой воды, например, с рисовых полей, относится к категории загрязненных сточных вод.

Наблюдательная сеть мониторинга в районах орошения и прилегающих к ним территориях также имеет свои особенности. Для оценки естественного режима создается сеть контроля фоновых значений параметров геологической среды за пределами мелиорируемых участков, но на сходных

по условиям территориях. Основная наблюдательная сеть размещается непосредственно на орошаемых территориях и представляет собой совокупность специально оборудованных пунктов (наблюдательные скважины, шурфы, водомерные посты и др.), большинство из которых являются элементами опорной наблюдательной сети. Дополнительно создается входящая в общую систему специальная сеть пунктов наблюдений, предназначенная для информирования служб обеспечения нормального функционирования важных хозяйственных объектов.

Сеть на орошаемых территориях в зависимости от ранга территорий создается на региональном, локальном или детальном уровне. Пункты наблюдений размещаются на основе специального районирования территории, таксономическая схема которого приведена в табл. 23.

При этом следует иметь в виду, что формирование режима подземных вод на орошаемых территориях происходит при существенном влиянии техногенных факторов. Поэтому районирование территории для размещения наблюдательной сети следует выполнять на основе сочетания показателей, характеризующих как естественные, так и техногенные условия (табл. 23).

Таблица 23

Оттип Таксономическая схема районирования орошаемых территорий (по Н.М. Умарову и А.Н. Нурадилову, 1990)

Таксономическая единица	Признак выделения районирования	Масштаб	Фактор формирования подтопления и засоления
Регион	Геоструктура	1:1 500 000	Геоструктурные условия
Область	Морфоструктура, включающая группу бассейнов стока безнапорных вод	1:1 500 000	Расчлененность рельефа, условия дренированности
Подобласть	Часть морфоструктуры в пределах бассейна стока крупной реки, ограниченной водоразделом и руслом	1:200 000	Характер и интенсивность региональных источников техногенного воздействия
Район	Группа элементарных бассейнов стока, обладающих одним наковым геологическим строением	1:200 000	Строение зоны активного водообмена
Подрайон	Элементарные потоки грунтовых вод в пределах подсобора ма-лой реки, конуса выноса	1:200 000	Характер и интенсивность локальных источников техногенного воздействия
Участок	Геоморфологически выраженная часть элементарного потока (пойма, терраса и пр.)	1:200 000	То же
Получасток	Участок элементарного потока в пределах зоны влияния от-дельного источника техногенного воздействия	1:25 000 и крупнее	Источники естественного и техногенного питания грунтовых вод

Региональная наблюдательная сеть в районах мелиорации размещается в виде створов скважин, пересекающих по направлению потока подземных вод, т.е. из подобластей, выделенных при региональном районировании, где выявлены процессы подтопления и засоления. Локальная наблюдательная

сеть размещается на участках, соответствующих отдельным районам или подрайонам, наиболее представительным по сочетанию естественных условий и техногенных факторов подтопления и засоления. В пределах элементарного потока наблюдательные скважины располагаются в наиболее характерных точках: на водоразделе, склоне долины и прирусловой части. Точки максимально концентрируются в зонах, предрасположенных к процессам подтопления и засоления. В областях питания и разгрузки подземных вод пункты наблюдений оборудуются в виде кустов скважин, вскрывающих фильтрами отдельно грунтовые и напорные воды.

Специфическими оросительными гидромелиоративными системами являются так называемые земледельческие поля орошения, представляющие собой в отличие от рассмотренных выше (см. разд. 4.3) специализированные гидромелиоративные системы, строящиеся на землях колхозов и совхозов. Почвенная доочистка на таких полях сочетается с использованием очищенных сточных вод для орошения и удобрения сельскохозяйственных угодий. Суточные нормы загрузки сточными водами на земледельческих полях орошения колеблются от 5 до 20 м³/га, т.е. являются самыми низкими из всех типов полей орошения. Земледельческие поля, орошения (сезонные и круглогодичные) отличаются устройством[^] оснащением и оборудованием, агротехническими и эксплуатационными приемами. Сточные воды на такие поля поступают по самотечному или напорному трубопроводу в постоянную оросительную сеть. По трубопроводу или с помощью дождевальной установки они подаются в соответствующую плану полива карту поля. Орошение производят обеззараженными сточными водами с использованием существующих в орошаемом земледелии способов полива: по бороздам, полосам, затоплением, подпочвенным орошением, дождеванием. Наилучшим в санитарном отношении является подпочвенное орошение, полностью исключающее контакт растений со сточной водой.

Считается, что из всех способов почвенной очистки и доочистки сточных вод предпочтение должно отдаваться именно земледельческим

полям орошения, где при правильной их эксплуатации одновременно решается проблема эффективной доочистки сточных вод, санитарной охраны водоемов и повышения плодородия земель за счет утилизации элементов, находящихся в стоках. Эти сооружения наиболее экономичны, а малые нагрузки, обуславливающие меньшее загрязнение почвы и лучшие условия минерализации органических веществ, позволяют в меньшей степени опасаться ухудшения результатов очистки в процессе длительной эксплуатации. Тем не менее земельные поля орошения должны находиться в сфере пристального контроля в системе мониторинга геологической среды как возможные источники загрязнения грунтов и подземных вод. При этом необходимо учитывать, что контроль за состоянием окружающей среды в районах сельскохозяйственных полей орошения осуществляют органы СЭС. Земельные поля орошения разрешается располагать не ближе чем 250-300 м от населенных пунктов, на них запрещается выращивание овощей (в том числе картофеля), ягод, фруктов и бахчевых культур, но разрешено культивирование технических культур, зерновых, кормовых трав, древесных и кустарниковых насаждений.

Сброс без очистки хозяйственно-бытовых сточных вод привел в ряде случаев к химическому и бактериальному загрязнению. Это усугубляется тем, что в некоторых районах России нет централизованного водоснабжения. На территориях Бурятии, Астраханской, Вологодской, Курганской, Ярославской, Новгородской и других областей до 60% населения не имеет централизованного водоснабжения. Часть сельских населенных пунктов в Ростовской, Курганской, Краснодарской, Астраханской и других областях пользуется привозной водой.

В гумидной зоне значительной территории России гидромелиорация часто связана с осушением территорий. За счет искусственного ? осушения также происходит преобразование основных компонентов геологической среды, которое надо иметь в виду при организации мониторинга: увеличивается глубина залегания подземных вод и соответственно мощность

зоны аэрации; возрастает скорость спада уровня грунтовых вод после выпадения осадков; изменяется химический состав подземных вод; изменяются фильтрационные и физико-механические свойства пород зоны аэрации.

Гидромелиорациям сопутствуют процессы, косвенно связанные с ними: денудация, эрозия почв и грунтов, просадки лессов при замачивании, осадки зданий при замачивании, изменение физико-механических свойств пород в результате процессов засоления-рассоления, набухание и усадка грунтов, формирование суффозионного карста и т.д. Многие из них проявляются во времени постепенно и на их контроль должна быть также направлена наблюдательная сеть мониторинга.

7.5. 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 приводит к характерным изменениям 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 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 потоков 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 расстояниях в 3-5 км и более от АЭС со скоростью 1,2-2,0 м в год. Вследствие этого даже 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 в первую очередь при организации наблюдательной сети мониторинга геологической среды, а постоянно, действующая модель (ПДМ) в системе мониторинга должна быть, направлена на моделирование гидрогеологических условий территории.

Активная роль воды при изменении водного баланса территории АЭС проявляется и в изменении состояния, состава и свойств грунтов в основании сооружений АЭС. При их дополнительном водонасыщении возможны снижения прочности, набухания глинистых грунтов, фильтрационных деформаций, просадки лессовых 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 предьявляться к слабым и структурно-неустойчивым грунтам (глинам, лессам, заторфованным грунтам и т.п.).

Третий важнейший фактор влияния на геологическую среду территорий АЭС — техногенное тепловое воздействие. Оно 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 тепломассопереноса 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 и т.д.), также меняющих состояние и свойства грунтов оснований АЭС. Таким образом, в наблюдательную сеть

мониторинга геологической среды территорий АЭС должны обязательно включаться температурные наблюдения и контроль за процессами тепломассопереноса. Эти же факторы должны исследоваться и с помощью ПДМ.

Основную долю в энергоснабжении АЭС в окружающую среду составляет сбросное тепло (до 70%). На современных АЭС вода используется в качестве главного теплоотводящего элемента в системе (сети производственно-технического водоснабжения, бассейны охладители, градирни и др.). В то же время утечки и инфильтрация нагретых техногенных вод (с температурой до 50°C) не исключаются и из-за конструктивных, а также строительных недоработок. В результате 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 табл. 24.

Следует иметь в виду, что активному развитию процессов теплопереноса в районах АЭС способствуют следующие факторы: значительная заглубленность тепловыделяющих элементов энергетического комплекса в массивы горных пород; техногенное усиление инфильтрационного питания грунтовых вод, сопровождающееся подъемом их уровней и ростом скоростей фильтрации; повышенным водопотреблением АЭС по сравнению с другими объектами (в среднем около 2 м³/с против 1,1 м³/с на ТЭЦ при безвозвратных потерях 1 м³/с на каждые 1000 мВт).

Таблица 24

Нагрев грунтовых вод территории АЭС на различном расстоянии от источника (по Е.А. Яковлеву и др., 1988)

Параметр	Номера термометрических скважин							
	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

Исследованиями Е.А. Яковлева, Б.В. Графского, Г.В. Лисиченко, Э.В. Соботовича и других было установлено, что наиболее высокие температуры грунтовых вод фиксируются в зоне охладительного бассейна АЭС и промплощадки. В зоне транзитного движения, как правило, ограниченного в разрезах местным водоупором, наблюдается относительная равномерность прогрева грунтовых вод. Кроме того, часто наблюдается близость к плоскорадиальному распределению поля устойчивого повышения температуры грунтовых вод от внешнего контура промплощадки и до зоны естественного движения грунтового потока (область конвективного переноса тепла). Наряду с этим прослеживается тесная связь режима развития теплового поля с геофильтрационными параметрами подстилающих пород, проявляющаяся в сходном характере изменения градиентов уровней и температур. Четвертый важнейший фактор техногенного влияния АЭС на геологическую среду связан с изменением геохимической обстановки.

Как известно, современные атомно-энергетические 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 табл. 25 приведены основные загрязнители окружающей среды, получаемые на различных этапах ядерного топливного цикла, на которые в первую очередь должно обращать внимание при организации мониторинга геологической среды.

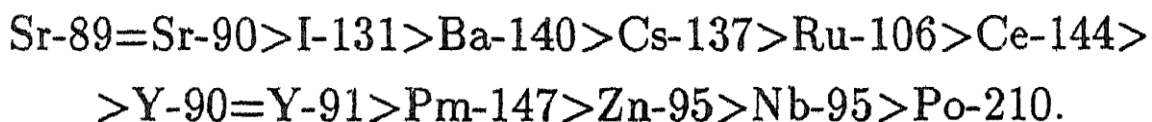
Как показывает опыт работы отечественных АЭС, их эксплуатационный режим создает незначительное радиохимическое воздействие на окружающую среду, не превышающее 2% от суммы космического и почвенного облучения. Сбросы радионуклидов в открытые водоемы невелики и составляют менее 37 гБк долгоживущих нуклидов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

Однако наибольшую опасность представляют аварийные выбросы радионуклидов в окружающую среду, которые могут многократно перекрыть все фоновые нормы. Они, будучи вовлеченными в геохимический круговорот в биосфере, будут оказывать свое негативное воздействие на все живые организмы в период всего времени жизни (например, для стронция-90 и цезия-137 с периодами полураспада около 30 лет этого времени хватит на несколько поколений человека). Таким образом, в случае попадания радиоактивных веществ в объекты геологической среды мониторинг должен помочь найти оптимальные способы локализации загрязнений и их ликвидации.

Исследование в системе мониторинга распространения радиоактивности во внешней среде в результате выбросов дает возможность накапливать опыт натурального геохимического поведения радионуклидов, который, правда, дается ценой больших экологических, социальных и экономических потерь. В ходе изучения форм нахождения и миграции радионуклидов выяснились многие ранее неизвестные закономерности. В последнее время разработаны эффективные методы борьбы с "расползанием" радиоактивных загрязнений, причем в неблагоприятных по природным условиям районах. Однако многие закономерности геохимической миграции радионуклидов еще не выяснены и на исследование этих проблем должны быть направлены все системы мониторинга, существующие на объектах АЭС и атомной промышленности.

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 некоторые 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 щелочно-земельных и многих других элементов. Он проявляется как в окислительной, так и в восстановительной обстановках. В системе мониторинга наличие природных геохимических барьеров должно учитываться в первую очередь. Основное внимание следует уделять также радионуклидам, которые переносятся 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 (см. рис 6). 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:



При этом поступление радионуклидов зависит также от типа почвы, определяющего 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.

В случае же выброса ядерного горючего (как, например, на Чернобыльской АЭС) картина оказывается чрезвычайно сложной и труднопрогнозируемой. При этом следует иметь в виду, что ядерное топливо, представляющее собой двуокись урана с "начинкой" продуктов деления и трансурановых элементов, рано или поздно начнет переходить в миграционноспособные формы. Долгоживущие радионуклиды могут включиться в геохимические циклы, а также попадать в пищевые цепи, не говоря уже о загрязнении атмосферы мелкодисперсными частицами размером от 50 А и более. Трансурановые элементы, являясь излучателями альфа-частиц, чрезвычайно токсичны при респираторном поступлении в легкие человека. С пылью они попадают в поверхностные и подземные воды.

Таблица 25

Основные загрязнители окружающей среды предприятий
атомно-энергетических комплексов (по Е.А. Яковлеву
и др., 1988)

Источник отходов	Тип радиоактивности	Физическое состояние	Типичные изотопы
Добыча и переработка радиоактивных руд	Естественная	Твердое Жидкое Газообразное	Уран-238 Радий-226 Торий-230 Радий-226 Радон-222
Изготовление уранового топлива на заводах	То же	Твердое Жидкое Газообразное	Уран-235 Уран-235 Уран-238
Эксплуатация атомных реакторов	Продуктов активизации и деления	Твердое Жидкое Газообразное	Кобальт-58 Кобальт-60 Железо-59 Марганец-59 Церий-144 Цезий-134 Цезий-137 Тритий Йод-131 Стронций-90 Азот-16 Аргон-41 Сера-33 Сера-35 Йод-129 Ксенон-133 Ксенон-137 Углерод-14
Переработка топлива на заводах	Продуктов деления и транс-урановых элементов	Твердое Жидкое Газообразное	Америций-241 Стронций-90 Цезий-137 Плутоний Церий-144 Тритий Цирконий-99 Йод-131 Йод-129 Криптон-85 Тритий

Интенсивная пространственно-временная изменчивость поля распределения техногенных радионуклидов обуславливает применение в системе мониторинга трендового анализа в качестве основного метода оценки и прогноза гидрогеохимической (эколого-геологической) обстановки.

Результаты наблюдений за миграцией радионуклидов должны обрабатываться в единой АИС мониторинга геологической среды регионального или национального уровня. В целом же гидрогеохимический мониторинг территорий АЭС должен базироваться на использовании основных методических положений геохимического картирования территорий, включающего принципы обоснования состава исследований, размеров сети опробования основных элементов геологической среды.

Среди других факторов, которые, однако, могут выйти на первостепенные позиции при оценке техногенного воздействия на геологическую среду территорий АЭС, следует также учитывать активизацию современных геодинамических процессов, а также сейсмичность территории. Оценка этих факторов при организации системы мониторинга геологической среды должна проводиться с учетом всего комплекса инженерно-геологических условий территории.

7.6. МОНИТОРИНГ ТЕРРИТОРИЙ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ И ЛИНЕЙНЫХ 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:

- 1) значительная протяженность трасс газопроводов, проходящих через разные климатические и природные зоны с разнообразными инженерно-геологическими условиями;
- 2) тенденции увеличения технологических нагрузок на трубопроводы, связанные с возрастанием объемов перекачиваемых продуктов;
- 3) 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;

4) увязка различных сооружений газо- и нефтепроводов с инженерными комплексами осваиваемых месторождений.

Как правило, крупнейшие нефте- и газопроводы (конденсатопр-воды) 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 две-три нитки газопровода-коллектора диаметром труб 1200-1400 мм, а также 1-2 нитки водоводов, ЛЭП и автомобильная дорога с покрытием бетонными плитами. Большинство газопроводов-коллекторов и магистральных газопроводов прокладывается подземным способом или полуподземным (полузаглубленным) с обваловкой, реже наземным в насыпи. Таким образом, при освоении 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.

Вполне естественно, что при создании и эксплуатации таких систем в связи с нарушением природных условий, изменением теплового и водного режима грунтов происходит активизация различных экзогенных и интенсивное проявление инженерно-геологических процессов. 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 ПТС. Для оценки состояния ПТС требуется создание системы мониторинга геологической среды, поскольку она не только обеспечивает слежение за состоянием НТО* Но и позволяет с заданной периодичностью выполнять прогнозы изменения состояния инженерно-геологической обстановки и оперативно принимать решения и рекомендации по управлению ПТС. Поскольку пространственно-временная структура мониторинга геологической среды определяется целью управления, режимом эксплуатации, а также инженерно-геологическими условиями, обуславливающими характер и интенсивность взаимодействия между различными типами сооружений и геологической средой, то при создании мониторинга территорий трасс трубопроводов необходимо прежде всего оценить инженерно-геологические условия территории и проанализировать техногенную нагрузку вдоль трассы. На основе сопоставления карт этих двух типов и другой информации составляется прогноз взаимодействия геологической среды и инженерных сооружений вдоль всей трассы и в соответствии с этим 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 согласно В.Л. Невечери и В.В. Пендину (1991) может осуществляться в три этапа: 1) региональный прогноз изменений инженерно-геологических условий на основе анализа структуры полей геологических параметров, характеризующих состояние геологической среды до и после освоения территории; 2) прогнозное инженерно-геологическое районирование территории по характеру взаимодействия различных типов сооружений с геологической средой; 3) 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.

В систему мониторинга трассы трубопровода детального уровня входят периодические обследования состояния трубопровода, анализ развития различных инженерно-геологических процессов вдоль трассы, осуществление фотодокументирования и т.н. Обследования должны, повторяться один раз в 1-2 года, что позволяет получить картину изменения состояния ПТС в процессе ее эксплуатации. Состояние подземных газопроводов по сравнению с проектным может оцениваться по такому показателю, как например, "стабильность" (5), предложенному в 1988 г. В.В. Пендиным с сотрудниками. Показатель стабильности варьирует в пределах от 1 до 0, причем значение $5=1$ соответствует полному отсутствию деформаций сооружения, превышающих предусмотренные проектом, а при $5 = 0$ сооружение выходит из строя в результате развития инженерно-геологических процессов. Классификация состояния газопроводов по "стабильности" приведена в табл. 26.

Таблица 26

Классификация состояния подземных газопроводов по стабильности (S) (по В.В. Пендину и др., 1988)

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

5 Состояние газопровода Возможные дефекты 1 Газопровод полностью соответствует проекту %1 Газопровод обнажен частично Разрушение гидроизоляции, активизация коррозии, потенциальная возможность разрушения соседних ниток при аварии одной из них 0,5 Газопровод обнажен полностью То же, что в п.2; газопровод не заземлен, подвижен, создаются условия для развития скрытых дефектов трубы 0,3 Газопровод обнажен полностью, То же, что в п.3; возможна наличие арок, змеек работа трубы при напряжениях выше допустимых од Газопровод обнажен, арки, То же, что в п.4; возможно змейки с гофрами течение материала трубы 0 Разрыв трубы газопровода На участках наиболее интенсивного развития деформаций трубопроводов и инженерно-геологических процессов организуются режимные площадки. На них разбивается профиль и для криолитозоны оборудуется 5-7 термометрических скважин, пучиномерная установка, на

трубе устанавливаются деформационные геодезические марки и тензодатчики. Наблюдения за температурой ведутся один раз в месяц, за деформациями — два раза в год (весной и осенью).

В последнее время для автоматизации сбора и обработки данных, полученных на основе режимных сетей мониторинга, на ряде объектов газовых и нефтяных промыслов России начато внедрение системы "Dataqua" (Венгрия), в комплект которой входят датчики, одновременно регистрирующие до 8 параметров, устройства считывания и перезаписи данных, устройства сбора и записи данных, совместимые с компьютером IBM-PC, позволяющие на их основе организовывать эффективную работу АИС в системе мониторинга. Внедрение таких систем позволяет вести мониторинг геологической среды практически в автоматическом режиме, что особенно важно для удаленных северных районов России.

Свои специфические особенности у мониторинга геологической среды и на территориях, по которым проходят различные линейные транспортные геотехнические системы. Среди них первостепенное значение имеют железные дороги и автомобильные трассы. Главными особенностями этих ПТС, которые необходимо учитывать при организации мониторинга геологической среды, являются:

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

Иногда ошибочно думают, что воздействия транспорта на геологическую среду локальны, не учитывая, что сеть железных и автомобильных дорог разного класса, воздушных трасс, судоходных рек,

ЛЭП охватывает все регионы страны. Продукты неполного сгорания транспорта попадают прежде всего 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. Таким образом, одна такая трасса длиной 100 км загрязняет геологическую среду сверх ПДК на площади 500 га. В районах аэродромов образуются устойчивые зоны загрязнения почв и грунтовых 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 транспортных 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 тяжело груженных автомашин и поездов интенсифицирует оползни, обвалы, осыпи, лавины и другие гравитационные явления.

В настоящее время ни одна автомобильная или железная дорога страны не имеет 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, не говоря уже о прогнозных данных по изменению геологической среды. В связи с этим организация систем мониторинга по основным трассам автомобильных и железных дорог является важнейшей государственной задачей.

Коренным вопросом при этом является организация систем наблюдений и контроля за состоянием дорог, имеющих огромную

протяженность. В условиях России протяженность железных дорог, например, меняется от нескольких сотен до нескольких тысяч километров. Поэтому оценка подверженности всей зоны пролегания той или иной трассы неблагоприятным инженерно-геологическим и геологическим процессам наиболее эффективно осуществляется всевозможными дистанционными, в том числе аэрокосмическими методами. Среди них нужно, прежде всего, отметить многозональную и тепловую инфракрасную съемку. В сочетании со ставшими уже традиционными методами аэрофотосъемки и наземных экспресс-инженерно-геологических изысканий они представляют собой мощный современный комплекс методов обеспечения оперативного контроля за состоянием транспортных геотехнических систем. На всех трассах автомобильных и железных дорог существует геотехнический контроль, призванный обеспечивать надежное, безаварийное функционирование трасс, сохранность и обслуживание системы инженерной защиты магистралей. Геотехнический контроль призван обеспечивать и режимные наблюдения по трассам. При организации мониторинга геологической среды, согласно А.Л. Ревзону, Е.А. Толстых и другим, существующая система геотехнического контроля должна входить составной частью в систему мониторинга.

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 две-три дистанции дуга, а в составе 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.

Так, по А.Л. Ревзону (1992), мониторинг детального уровня должен охватывать каждый околоток железной дороги. Для каждого околотка инженерно-геологические исследования и наблюдения в системе

мониторинга ведутся в целях выявления состояний элементов геотехнической транспортной системы, представляющих опасность для ее функционирования, в целях прогноза времени, места и масштаба возможных критических ситуаций, а также назначения конкретных мероприятий по предотвращению аварий, т.е. управления состоянием ПТС на детальном уровне. Здесь основными видами работ и наблюдений в системе мониторинга являются детальные наземные топогеодезические и инженерно-геологические работы, а также тепловая аэросъемка и фототеодолитная съемка, в результате которых строятся картографические модели прогноза конкретных критических ситуаций масштаба 1:500 и 1:2000. Пример составления карты оценки опасности состояния железной дороги показан на рис, 43.

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, с анализом материалов обычных аэрофотосъемок залетов разных лет, а также с помощью наземных инженерно-геологических обследований. Карта прогноза состояния геологической среды вдоль дистанции пути по степени устойчивости ее элементов к техногенным воздействиям строится в масштабе 1:10000 или 1:25000.

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 процессов, оценка их активности и возможного воздействия на инженерные сооружения. Обобщение всех данных по отделению проводится в АИС. Помимо информации, получаемой по локальным сетям, на этом уровне новые данные наблюдений получают с помощью космической многозональной фотосъемки, наземных инженерно-геологических обследований и аэровизуальных работ, Картографические модели на уровне отделения строятся в масштабе 1:400 000 или 1:200 000.

И, наконец, 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, выделение участков железных дорог по характеру и степени опасности неблагоприятных геологических процессов и их прогноз. Помимо обработки и обобщения в АИС поступающей информации из систем мониторинга низших уровней, на этом уровне информация также получается с помощью космической многозональной фотосъемки. Картографические модели для всего управления дороги строятся в масштабе 1:1 000 000 или 1:250 000.

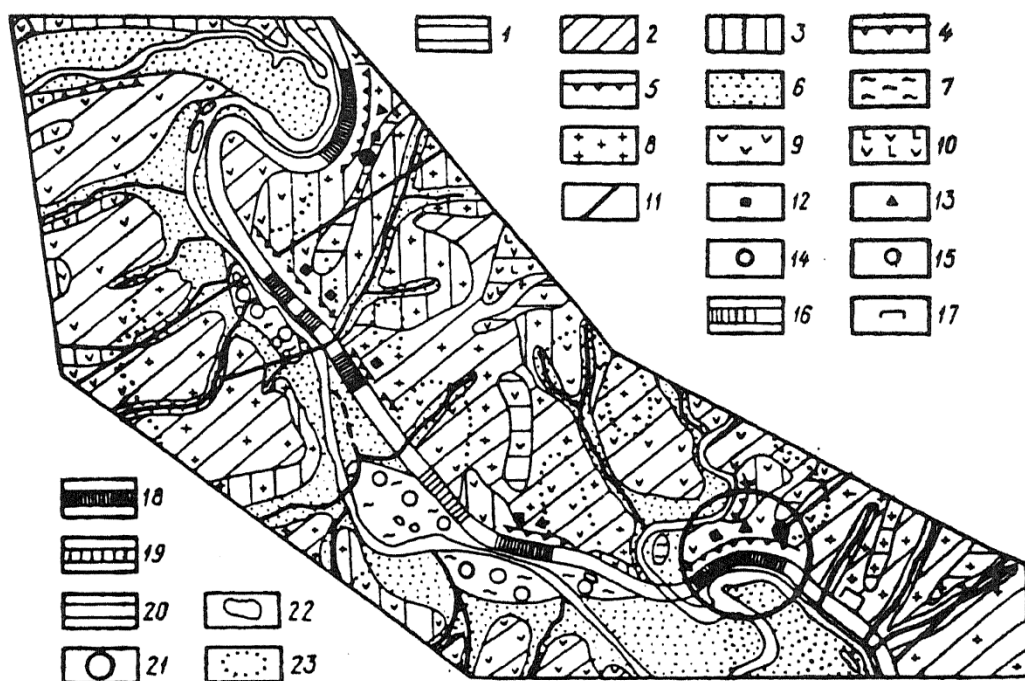


Рис. 43. Фрагмент карты (одна из дистанций БАМ) оценки опасности состояния железнодорожной ГТС в условиях техногенной интенсификации геологических процессов. Составлена А.Л. Ревзоном и Е.А. Толстых (1992).

Инженерно-геологическая ситуация: характеристика типов поверхностей: 1 — залесенные пологонаклонные (до 20°) вершинные поверхности междуречий с пятнами курумов и полным разрезом коры выветривания; 2 — залесенные склоны средней крутизны ($20-30^\circ$) со спорадическим развитием курумов, с деградированной дисперсной зоной коры выветривания; 3 — крутые ($30-40^\circ$) залесенные склоны с площадным и линейным распространением курумов в виде сплошного чехла обломков с отсутствием дисперсной зоны коры выветривания; 4 — техногенные обнаженные обрывы прижимов рек (крутизной более 40°) с преобладанием глыбовой зоны коры выветривания; 5 — то же естественные обрывы; 6 — пологие заболоченные поверхности долин рек, выработанные в непросадочных грунтах; 7 — то же с мерзлотной переработкой, выработанные в просадочных грунтах.

Горные породы и их раздробленность: 8 — граниты и гранодиориты верхней юры и нижнего мела; 9 — кристаллические сланцы нижнего протерозоя; 10 — кристаллические сланцы и гнейсы архея; 11 — осевые линии локальных разломов взбросо-сдвигового типа, создающих внутриблоковое дробление, обводненных за счет подтока трещинно-жильных вод (глубинные дрены). Современные геологические процессы: 12 — обвалы; 13 — осыпи; 14 — оползни; 15 — термокарст.

Инженерные сооружения: 16 — железнодорожный путь; 17 — карьеры.

Районирование ГТС по степени опасности ее состояния: 18 — опасное (высота обрывов более 15 м, скорость выветривания $0,6-0,83 \text{ м}^3/\text{м}$ в год, среднегодовая частота камнепадов более 10 л/км в год, термокарстовые озера глубиной более 0,5 м); 19 — относительно опасные (соответственно 10–15 м, $0,005-0,5 \text{ м}^3/\text{м}$ в год, 1–10 л/км в год, термокарстовые озера глубиной более 0,5 м); 20 — безопасные (соответственно менее 10 м, менее $0,005 \text{ м}^3/\text{м}$ в год, камнепадов нет, термокарстовых озер глубиной более 0,5 м нет); 21 — границы обследуемого участка; 22 — границы типов поверхностей; 23 — границы комплексов горных пород.

Таким образом, организация мониторинга геологической среды вдоль трасс трубопроводов и линейных транспортных сооружений является

актуальной задачей, реализация которой позволит добиться повышения надежности работы этих инженерных сооружений, их долговечности, исключения возможных негативных явлений, связанных с загрязнением геологической среды, и неблагоприятных экологических последствий.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ГЛ. 7

1. В чем состоят специфические черты воздействия горнодобывающей промышленности на геологическую среду?
2. Какие особенности должны учитываться при организации мониторинга в районах нефтяных и газовых месторождений?
3. С чем связаны наибольшие изменения компонентов геологической среды в районах крупных гидроузлов?
4. Перечислите основные факторы, которые необходимо учитывать при организации мониторинга геологической среды в районах гидротехнических сооружений.
5. В чем заключаются основные тенденции развития современного города, которые необходимо учитывать при организации мониторинга геологической среды?
6. Каковы основные источники поверхностного химического загрязнения в городах?
7. Перечислите основные виды антропогенного воздействия на геологическую среду в пределах городских агломераций.
8. Каковы основные задачи мониторинга почв?
9. Какие главные факторы должны учитываться при организации мониторинга геологической среды сельскохозяйственных территорий и районов мелиоративного освоения?