

**Куликова Е. Ю., Гришин А. В., Мурин К.М.**

# **ГЕОМОНИТОРИНГ В ГОРОДСКОМ ПОДЗЕМНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**



Деловая и научная литература

**Кирилл Михайлович Мурин**  
**Елена Юрьевна Куликова**  
**Александр Викторович Гришин**  
**Геомониторинг в городском**  
**подземном строительстве**  
Серия «Деловая и научная литература»

*Текст предоставлен правообладателем*

*[http://www.litres.ru/pages/biblio\\_book/?art=18481112](http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=18481112)*

*Геомониторинг в городском подземном строительстве: Горизонт;*

*Москва; 2015*

*ISBN 978-5-906858-00-9*

### **Аннотация**

В учебном пособии изложены основные принципы организации геомониторинга при освоении городского подземного пространства. Приведены подходы к проведению оценки геомеханического состояния породного массива в районе подземного строительства, а также к прогнозу его изменения в процессе возведения подземного объекта и степени влияния на окружающую природную и техногенную среду. Показаны методы контроля изменения состояния окружающей среды в районе подземного строительства, направленные на своевременное выявление признаков предшествующих

возникновению аварийных ситуаций, как при строительстве, так и при эксплуатации подземных сооружений в условиях плотной городской застройки. Книга допущена Учебно-методическим советом вузов РФ по образованию в области горного дела в качестве учебного пособия для студентов вузов.

# Содержание

Введение	7
Глава 1	15
1.1. Вопросы прогнозирования и мониторинг	15
1.2. Экологический мониторинг: классификация	28
1.3. Глобальная система мониторинга окружающей среды	40
Конец ознакомительного фрагмента.	47

**Елена Юрьевна Куликова,  
Александр Викторович  
Гришин, Кирилл  
Михайлович Мурин**

# **Геомониторинг в городском подземном строительстве**

Снижение и предотвращение экологической опасности при подземном строительстве базируется на учете всех уровней горно-строительного производства, начиная со стадии получения геологической информации, прогноза, моделирования, составления проекта строительства и заканчивая выбором эффективных мероприятий инженерной защиты окружающей среды при эксплуатации сооружения. Экологическая стратегия включает в себя также изучение динамики развития в пространстве и во времени искусственно сложившейся экосистемы «подземный объект – массив горных пород – окружающая среда», т. е. геомониторинг.

В пособии рассмотрены основные виды мониторинга при освоении подземного пространства городов.

Книга рассчитана на широкий круг читателей: проектировщиков, производственников, предпринимателей, работ-

ников научных и учебных учреждений, аспирантов, магистров и студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Шахтное и подземное строительство».

*Допущено Учебно-методическим советом вузов Российской Федерации по образованию в области горного дела в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки «Горное дело», по специальности 130406 «Шахтное и подземное строительство» государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ГОС ВПО) и специальности 130403 (21.05.04) «Горное дело» федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВПО (ВО)).*

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор В.М. Смирнов

доктор технических наук, профессор Г.С. Франкевич

# Введение

*Наблюдение – метод вполне достаточный для изучения только более простых явлений. Наблюдение собирает то, что ему предлагает природа. Опыт же берет у природы то, что он хочет.*

**П. Павлов**

*Нет большего врага прогнозов, чем самоуверенный оптимизм.*

**В. Тендряков**

*Никогда нельзя предсказывать будущее исходя из прошлого.*

**Э. Берк**

Любое подземное сооружение оказывает воздействие на окружающую среду, вызывая в ней те или иные изменения, угрожающие здоровью и жизнедеятельности людей и вызывающие негативные преобразования экологической системы Земли в целом. Существующая в настоящее время практика природоохранной деятельности основывается на нормировании воздействий и прогнозе изменений в окружающей природной среде.

Социально-экономические и градостроительные перспективы все в большей степени определяются санитарно-ги-

гиеническим состоянием окружающей среды, возможностью биосферы компенсировать неблагоприятное воздействие техногенных факторов, в том числе связанных с интенсифицирующимся производством.

Санитарно-гигиеническое состояние окружающей среды нормируется установлением предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ, ориентировочных безопасных уровней воздействия (ОБУВ), ориентировочных допустимых норм (ОДУ), предельно допустимого сброса вредных веществ в водный объем, санитарных правил и норм и т. п. Перечисленные нормативы открывают практические возможности для оценки санитарно-гигиенического состояния среды при строительстве и эксплуатации любого промышленного объекта и перспективы оптимизации техногенной деятельности.

Прогнозирование занимает важное место в практике подземного строительства и является конечной целью проведения всех видов полевых, лабораторных и камеральных изысканий.

Инженерно-геологические прогнозы при проектировании и строительстве подземных сооружений имеют ряд особенностей по сравнению с другими видами техногенного воздействия на природу. Эти особенности связаны главным образом с ограниченностью объемов изысканий и получаемой информации. В этих условиях к прогнозируемым параметрам относятся состав и свойства породы, гидрогеоло-

гические условия по трассе подземного объекта, возможности развития неблагоприятных геомеханических процессов (горное давление, пучение пород, прорывы воды, плывунов и газа, изменение температурных условий и др.).

Из-за сложности и взаимосвязанности процессов, развивающихся между подземными объектами и окружающей средой, не все они поддаются точным прогнозам: для большинства из них возможна лишь оценка качественных изменений.

Следующим этапом после прогноза является моделирование, т. е. воспроизведение процессов и явлений на основе законов подобия. В практике городского подземного строительства для прогнозирования применяют все виды моделирования: натурное, лабораторное, логическое, математическое, знаковое.

Натурные модели позволяют воспроизвести не только состояние подземного объекта и окружающей среды, но и изменившиеся под воздействием сложных динамических нестационарных условий ситуации.

Лабораторные модели позволяют отдельно изучить те факторы, которые в природной обстановке действуют совместно.

Обработка результатов массовых испытаний свойств грунтов приводит к созданию статистических моделей, одной из разновидностей логических моделей.

Инженерно-геологические знаковые модели позволяют

представить обобщенное графическое изображение геологических и гидрогеологических условий и геомеханических процессов на участке конкретного подземного объекта.

Составление специализированных моделей основано на выделении слабого звена в системе «подземное сооружение – породный массив», т. е. на выявлении факторов, оказывающих решающее влияние на выбор технического решения. Для каждого конкретного подземного сооружения необходима своя, специфическая информация о строении массива, вмещающего это сооружение, о характере миграции подземных вод к объекту, о температурных и электромагнитных полях и т. п. Поэтому исходные модели анализируют применительно к конкретным задачам проектирования и формируют их в частные модели, на которых необходимые элементы массива горных пород и несущих конструкций подземного сооружения представлены в нужном виде и с достаточной детальностью.

На основании одной или нескольких частных моделей, с учетом индивидуальных особенностей геологического строения и конструкции сооружения, строят еще один вид специализированных моделей – расчетную модель, отражающую только те элементы, которые могут быть учтены проектировщиками в расчетных схемах. Последние представляют собой схематизированное изображение подземного сооружения с действующими на него нагрузками и силами в сочетании с характеристиками, определяемыми в расчетном сечении.

Моделирование как этап экологической стратегии позволяет посредством выбора наиболее рациональной технологии строительства и соответствующих мер инженерной защиты максимально снизить опасность появления необратимых изменений окружающей среды при освоении подземного пространства городов.

Этим же целям служит комплексная оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) при разработке и обосновании проекта строительства. Проект строительства при реализации оказывается «погруженным» в окружающую среду на конкретной территории, которая воспринимает техногенное воздействие от сооружаемого объекта. Некоторая часть этих воздействий подлежит нормированию и может быть ограничена определенными мерами инженерной защиты окружающей среды. Однако практика показывает, что порог ПДК, как правило, безнадежно превышен, особенно в давно освоенных регионах. Поэтому применения только нормативного подхода к решению экологических проблем недостаточно. Наряду с использованием уже накопленного опыта в виде пороговых величин некоторых видов воздействия необходимо выявлять и учитывать экологические последствия реализации любой проектируемой деятельности. При этом речь идет не только об изменениях параметров соответствия природной среды, но и о социальных, экономических и других изменениях.

ОВОС оценивает последствия во всех аспектах окружаю-

щей среды, задавая в каждом конкретном случае конкретные рамки исследования, определяемые кругом выявленных последствий.

Следующим этапом является инженерно-экологическая экспертиза, которая включает в себя оценку долговременного воздействия подземного объекта на природные ресурсы, природные условия, факторы развития народного хозяйства и условия жизни людей в районе освоения подземного пространства.

Таким образом, снижение и предотвращение экологической опасности при подземном строительстве базируется на учете всех уровней горно-строительного производства, начиная со стадии получения геологической информации, прогноза, моделирования, составления проекта строительства и заканчивая выбором эффективных мероприятий инженерной защиты окружающей среды при эксплуатации сооружения. Экологическая стратегия включает также в себя изучение динамики развития в пространстве и во времени искусственно сложившейся экосистемы «подземный объект – массив горных пород – окружающая среда», т. е. геомониторинг.

Необходимость усиления роли геомониторинга в подземном строительстве обусловлена следующим.

Масштабы технического воздействия человека на окружающую среду в результате освоения подземного пространства городов в ряде случаев достигают, а в некоторых слу-

чаях даже превышают уровни естественных процессов перемещения вещества и энергии в природной среде.

При этом реакция природной среды на техногенные воздействия по своим масштабам может существенно превышать масштабный уровень техногенных воздействий, что необходимо учитывать при наблюдении, прогнозе и управлении природно-технической геосистемой (ПТГС) «породный массив – подземное сооружение – окружающая среда».

При техногенном вмешательстве в природную среду в результате подземного строительства не должны превышать некоторые «пределы прочности» среды. При этом природная среда предъявляет со своей стороны «технические условия» к техногенным воздействиям (по количественному уровню, по времени воздействия и др. показателям). При невыполнении этих условий подземные объекты и природно-технические геосистемы в целом могут выйти из устойчивого состояния, что может создать экологически кризисную ситуацию или потребуются меры по стабилизации – управлению устойчивостью ПТГС на основе научно обоснованных прогнозов.

В связи с этим важнейшей проблемой является процесс оптимизации взаимодействия человека и природы, который должен включать всесторонний анализ и прогноз состояния природной среды, ее изменений под влиянием горно-строительной деятельности, научно обоснованное и технологически совершенное использование природных ресурсов, ак-

тивное регулирование природных и техногенных процессов для поддержания высокого качества окружающей среды, экологически обоснованного проектирования и функционирования ПТГС.

В целях решения этой проблемы с начала 70-х годов на различных иерархических уровнях от глобального (международного) до локального предпринимаются меры по созданию различных видов и систем мониторинга.

# Глава 1

## Понятие «мониторинг». Общие сведения о мониторинге

### 1.1. Вопросы прогнозирования и мониторинг

В настоящее время вопросам прогнозирования посвящено много работ. Можно прогнозировать от сегодняшнего дня, от имеющегося базиса знаний и ресурсов, постепенно проникая в будущее. Можно идти иным путем: сначала определить будущие цели и ориентиры, которых хотелось бы достичь в будущем, и уже от них постепенно двигаться к настоящему, увязывая желания с возможностями. Первый путь называется *изыскательским прогнозированием*, ибо изыскиваются пути как бы в неведомое; второй – *нормативным (целевым) прогнозированием*, так как заранее определяется (нормируется) конечная цель. В науках о Земле используются оба эти пути.

Область научного прогноза ныне является существенной частью любого исследования, любой отрасли знаний. Для сознательного воздействия на природные явления необходи-

мо познать их характер и уметь их прогнозировать. В разработке основ различных видов прогнозирования все большее развитие получают математические методы – построение различных моделей на математических принципах.

Прогнозирование является одним из важных инструментов, позволяющих если не **ИСКЛЮЧИТЬ**, то по крайней мере снизить неопределенность в оценке вновь возникающих факторов и развития неблагоприятной ситуации и с учетом этого принять правильное решение по выходу из нее. В настоящее время предпочтение отдается прогнозированию, основанному на научных методиках, объективно отражающих происходящие в природе и техносфере процессы и влияющие на них факторы. Однако не исключаются и интуитивные прогнозы, базирующиеся на большом опыте и высокой квалификации лиц, высказывающих свой взгляд на развитие событий, предсказывающих их конечный результат.

*Прогнозирование* – это исследовательский процесс, результатом которого являются вероятностные данные о будущем состоянии прогнозируемого объекта, включая данные о вероятности возникновения аварии или катастрофы и путей их развития, если речь идет, например, о техногенно опасном объекте.

*Под прогнозированием техногенных воздействий, связанных с авариями*, будем понимать исследовательский процесс, осуществляемый с целью получения вероятностных суждений о возникновении аварии, характере и парамет-

рах сопровождающих ее явлений и воздействий в будущем. *Под прогнозной оценкой техногенных воздействий* имеется в виду сопоставление прогнозируемых параметров, которыми характеризуются возможность возникновения аварии катастрофического характера и сопровождающие ее воздействия на окружающую среду, с научно обоснованными приемлемыми значениями.

В общем случае прогнозирующая система может включать математические, логические и эвристические элементы. На вход системы поступает имеющаяся к настоящему моменту времени информация о прогнозируемом явлении, процессе, объекте; на выходе системы выдаются данные о будущих параметрах явления, процесса (состоянии объекта), то есть прогноз. Блок-схема прогнозирующей системы приведена на рис. 1.1.

Данная блок-схема отражает процесс прогнозирования для какого-либо одного вида техногенного воздействия (аварии определенного вида). Руководствуясь этой схемой, можно произвести в отдельности прогнозирование каждого из возможных видов техногенного воздействия (аварий или катастроф).

В соответствии с рассматриваемой блок-схемой *первым этапом при прогнозировании* является сбор и анализ необходимой исходной информации, касающейся источников, факторов и параметров процессов, могущих привести к аварии катастрофического характера, антропогенного воздействия,

сопровождающего такую аварию в ретроспективе и в настоящее время.



**Рис. 1.1. Блок-схема прогнозирующей системы**

→ (пунктирная стрелка) вычислительные операции,

→ (сплошная стрелка) исследовательские (аналитические операции)

Значительная часть указанной исходной информации может быть получена в блоке комплексного мониторинга, где предусматривается наблюдение за источниками, факторами антропогенного воздействия и собственно антропогенным воздействием на окружающую среду. Частично исходная информация для прогнозирования вырабатывается также блоком мониторинга, связанным с оценкой уровней антропогенного воздействия. К исходной информации могут быть

также отнесены некоторые закономерности протекания процессов в данной предметной области.

*Второй этап прогнозирования* состоит в создании математической модели процесса техногенного воздействия рассматриваемого вида на окружающую среду, а также методического аппарата для определения неизвестных параметров модели. Указанный методический аппарат разрабатывается с учетом данных ретроспективного анализа моделируемого процесса техногенного воздействия.

При этом важная роль принадлежит установлению эмпирических или подтверждению теоретических закономерностей формирования факторов техногенного воздействия.

При создании модели процесса техногенного воздействия исходят из целей и задач прогнозирования и учитывают интервал упреждения (заданный отрезок времени с момента производства прогноза до момента в будущем, для которого этот прогноз делается).

*Третьим этапом прогнозирования* является проведение необходимых расчетов и визуализация их результатов. Результаты расчетов должны быть представлены в виде, удобном для оценки антропогенного воздействия на объекты окружающей среды.

На заключительном *четвертом этапе прогнозирования* производится оценка адекватности модели реальным процессам и достоверности получаемой прогнозной информации. При этом могут использоваться различные методы.

Так как будущая ситуация, связанная с техногенным воздействием, зависит от многих факторов стохастической природы и характеризуется неопределенностью, весьма подходящим в данном случае является метод максимума правдоподобия.

Указанный метод основывается на вероятностном подходе. Главная идея метода заключается в определении так называемой функции правдоподобия. В качестве этой функции обычно принимается условная плотность вероятности

$$P(y(a_1, a_2, \dots, a_n), (1.1)$$

где  $a_1, a_2, \dots, a_n$  – подлежащие оценке параметры модели;  $y$  – выборочные наблюдения (измерения) прогнозируемой величины, например, концентрация вредного вещества в той или иной среде, на участке наблюдения  $y_1, y_2, \dots, y_m$ .

После определения функции правдоподобия она максимизируется относительно  $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$ .

Таким образом, решается задача о нахождении наилучшей оценки параметров модели  $\alpha$  на основе наблюдений (измерений) прогнозируемой величины  $y$  на участке наблюдений  $y_1, y_2, \dots, y_m$ . По существу, дается ответ на вопрос о том, при каких значениях параметров модели техногенного воздействия наиболее вероятно появление совокупности значе-

ний прогнозируемой величины  $y_1, y_2, \dots, y_m$ .

Широкое применение в задаче прогнозирования находит и достаточно известный метод наименьших квадратов, являющийся частным случаем метода максимального правдоподобия, когда искажения (помехи), накладывающиеся на детерминированную часть прогнозируемого процесса, аддитивны и имеют нормальное распределение.

Кроме упомянутых выше, применяются и иные методы. Например, метод, основанный на определении минимума максимального отклонения параметров детерминированной части модели от их экспериментальных значений, и др.

*Математические методы*, применяемые для получения прогнозной оценки техногенных воздействий, условно могут быть подразделены на две группы:

- методы математического моделирования процессов распространения вредных веществ, фронтов ударных волн, электромагнитных излучений определенной интенсивности и т. п.;

- методы, основанные на экстраполяции результатов многолетних наблюдений за техногенными воздействиями на определенные моменты времени в будущем.

*Методы прогнозирования, связанные с экстраполяцией (статистические методы)*, обладают определенными особенностями. Прогнозирование производится с помощью модели, выработанной на основе обработки и анализа статистического материала по техногенным воздействиям рас-

смаатриваемых видов. Такими методами осуществляется, например, прогнозирование загрязнения воздушной среды городов и промышленных зон вредными химическими веществами, выбрасываемыми производственными и другими объектами при нормальных условиях их эксплуатации.

По результатам прогнозирования производится оценка техногенных воздействий. При этой оценке прогнозируемые параметры, характеризующие техногенные воздействия, сравниваются с их критериальными значениями.

На основе этого сравнения проводится соответствующий анализ и формируются выводы о целесообразности проведения тех или иных природоохранных мероприятий. В этом состоит главный принцип оценки техногенных воздействий.

В числе *критериев уровней техногенного воздействия* могут быть приняты предельно допустимые концентрации тех или иных вредных веществ, допустимые уровни загрязнения поверхностей, предельно допустимые уровни шумов, электромагнитных излучений, тепловых потоков, температурного градиента и т. д. Критериальные значения параметров соответствуют научно обоснованным приемлемым уровням техногенных воздействий.

Анализ и оценка прогнозируемых параметров техногенных воздействий зачастую являются многофакторными и связаны с развязкой неопределенностей. Это требует применения системного подхода и привлечения соответствующего математического аппарата.

Существуют несколько видов и направлений научного прогноза. Различают прогнозы климатические, геологические, гидрогеологические, гидромелиоративные и т. д. Бывают прогнозы кратковременные и долговременные (на год, на пять, на десять лет и более).

В научных прогнозах можно выделить три направления:

- научного предвидения, открытий в различных науках;
- естественного развития природных процессов;
- изучения разнообразных последствий, вызываемых вмешательством человека в природу.

В отдельных областях знаний наука прогнозирования испытывает некоторые затруднения. Особенно это касается прогноза разнообразных последствий, вызываемых вмешательством человека в природу.

Так, еще Ф. Энгельс говорил о так называемых «непредвиденных» последствиях, происходящих в результате воздействия человека на неживую природу, предсказать которые человек еще не может.

В. И. Ленин писал: «...пока мы не знаем закона природы, он, существуя и действуя помимо, вне нашего познания, делает нас рабами «слепой необходимости». Раз мы узнали этот закон, действующий (как тысячи раз повторял Маркс) независимо от нашей воли и от нашего сознания – мы господа природы».

В настоящее время многие виды прогноза включаются в так называемую систему мониторинга (от «monitor» (англ.)

– слежение, контроль, наблюдение).

Служба мониторинга РФ, существующая в нашей стране с 1978 г. в системе Государственного комитета СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды, осуществляет контроль за состоянием окружающей природной среды, изменяющейся под влиянием деятельности человека.

**Мониторинг** – слежение за какими-то объектами или явлениями; в приложении к среде жизни – слежение за ее состоянием и предупреждение о создающихся критических ситуациях (повышение загазованности воздуха сверх ПДК и т. п.), вредных или опасных для здоровья людей, других живых существ, их сообществ, природных и антропогенных объектов (в том числе сооружений) [5].

*Мониторингом* также принято называть регулярные, выполняемые по заданной программе наблюдения состояния предварительно выделенного одного или нескольких объектов.

Мониторинг, таким образом, складывается из наблюдения, в т. ч. инструментального, регистрации и архивации, систематизации и анализа результатов наблюдения, включая сопоставление с данными прогноза, разработку инженерных решений и их осуществление.

В мониторинге окружающей природной среды такими объектами наблюдения являются абиотические, биотические среды и факторы техногенного воздействия на них. Программы наблюдения природных сред, природных объек-

тов, растительного и животного мира должны выявлять изменения их состояния и происходящие в них процессы под влиянием техногенной деятельности.

Испытывая на себе результаты разрушающего действия воды, ветра, землетрясений, снежных лавин и т. п., человек издавна реализовал элементы мониторинга, накапливая опыт предсказания погоды и стихийных бедствий. Такого рода знания всегда были и сейчас остаются необходимыми для того, чтобы по возможности снизить ущерб, причиняемый человеческому обществу неблагоприятными природными явлениями и, что особенно важно, уменьшить риск человеческих потерь. Последствия большинства стихийных бедствий необходимо оценивать со всех сторон. Так, ураганы, разрушающие постройки и приводящие к человеческим жертвам, как, правило, приносят обильные осадки, которые в засушливых районах дают значительный прирост урожая. Поэтому организация мониторинга требует углубленного анализа с учетом не только экономической стороны вопроса, но и особенностей исторических традиций, уровня культуры каждого конкретного региона.

Переходя от созерцания явлений окружающей среды через механизмы приспособления к осознанному и усиливающемуся воздействию на них, человек постепенно усложнял методику наблюдения за природными процессами и вольно или невольно вовлекался в погоню за самим собой. Еще древние философы считали, что в мире все связано со всем,

что неосторожное вмешательство в процесс даже, казалось бы, второстепенной важности может привести к необратимым изменениям в мире. Наблюдая за природой, мы долгое время оценивали ее с обывательских позиций, не задумываясь о целесообразности ценности наших наблюдений, о том, что мы имеем дело с самой сложной самоорганизующейся и самоструктурирующей системой, о том, что человек является всего лишь частицей этой системы. И если во времена Ньютона человечество любовалось целостностью этого мира, то теперь одним из стратегических помыслов человечества является нарушение этой целостности, неизбежно вытекающее из коммерческого отношения к природе и недооценки глобальности этих нарушений. Человек изменяет ландшафты, создает искусственные биосферы, организует техногенные биокомплексы, перестраивает динамику рек и океанов и вносит изменения в климатические процессы. Обратные отрицательные связи живой природы все активнее сопротивляются этому натиску человека, приближая его к кризисной черте, за которой род *Homo sapiens* не сможет существовать.

Системы мониторинга являются тем механизмом, который поможет предотвратить стремительное движение человечества к глобальной экологической катастрофе.

Природные катастрофы всегда являлись спутником человеческой активности, как один из элементов эволюции биосферы. Ураганы, наводнения, землетрясения, цунами, лес-

ные пожары и т. п. приносят ежегодно огромный материальный ущерб, поглощают человеческие жизни. Одновременно все более набирают силу антропогенные причины многих катастроф. Регулярные аварии танкеров с нефтью, катастрофа в Чернобыле, взрывы на заводах и складах с выбросами отравляющих веществ и другие не предсказуемые катастрофы – реальность нашего времени. Нарастание числа и мощности аварий демонстрирует беспомощность человека перед лицом приближающейся экологической катастрофы. Отодвинуть ее может только быстрое широкомасштабное внедрение систем мониторинга, которые в настоящее время успешно внедряются в Северной Америке, Западной Европе и Японии.

Управление природной средой весьма многогранно: оно включает изучение различных блоков мониторинга, имеющих прямые связи, как-то: наблюдения – оценка фактического состояния; наблюдения – прогноз; прогноз – оценка прогнозируемого состояния. Особое значение приобретает прослеживание источников загрязнения и установление специальных критериев оценки состояния среды – так называемых ПДК (предельно допустимых концентраций) и ПДН (предельно допустимых норм). Намечается специальная научная разработка значений предельных допустимых норм и критических нагрузок на экологические системы в целом или на отдельные районы.

## 1.2. Экологический мониторинг: классификация

Существуют различные подходы к классификации мониторинга: по характеру решаемых задач; по уровням организации; по природным средам, за которыми ведутся наблюдения.

И.П. Герасимов предложил подразделить мониторинг на три главных блока *по масштабам и уровням воздействия*:

- I блок – биоэкологический или санитарный, включающий наблюдения за состоянием окружающей среды с точки зрения ее влияния на здоровье человека;
- II блок – геосистемный или хозяйственный, подразумевающий наблюдения за изменением природных экосистем и преобразованием их в природно-технические;
- III блок – биосферный или глобальный, охватывающий наблюдения за параметрами биосферы в глобальном масштабе.

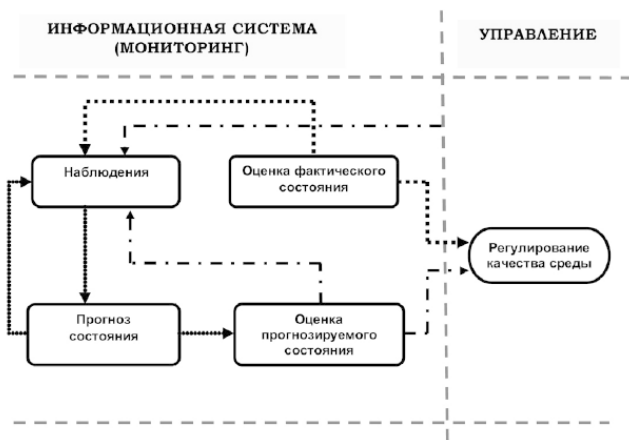
Г.С. Струмилин выделил следующие виды общего экологического мониторинга *по основным требованиям к его созданию*:

- обеспечение необходимой информацией о количественных и качественных характеристиках среды;
- анализ проявления различных видов деятельности людей, воздействующих на окружающую среду;

- анализ изменений окружающей среды, вызванных этими видами деятельности;
- влияние изменений в окружающей среде на жизнедеятельность людей;
- анализ действенности мер по сохранению и улучшению окружающей среды;
- сравнительный анализ показателей статистики окружающей среды как по отдельным регионам внутри страны, так и в международном масштабе.

*По структуре системы мониторинга антропогенных изменений природной среды Ю.А. Израэль [44] предложил разделить его на блоки: «Наблюдения», «Оценка фактического состояния», «Прогноз состояния», «Оценка прогнозируемого состояния» (рис. 1.2). Блоки «Наблюдение» и «Прогноз состояния» тесно связаны между собой, так как прогноз состояния окружающей среды возможен лишь при наличии достаточно репрезентативной информации о ее фактическом состоянии в настоящем и в прошлом. В то же время специфика, целевое назначение прогноза определяют структуру и состав наблюдательной системы, а также требования к ней. Для того, чтобы определить, с одной стороны, возможный эффект воздействия и ущерб от него, а с другой – оценить возможности природной среды противостоять негативным воздействиям, то есть определить экологические резервы элемента биосферы, необходимо дать оценку воздействующих факторов и состояния этого элемента до*

и после воздействия. Под этими оценками подразумевается знание допустимых нагрузок на окружающую природную среду.



**Рис. 1.2. Блок-схема системы мониторинга**

Н.Ф. Реймерс выделяет следующие виды мониторинга [109].

*Мониторинг базовый* – слежение за общебиосферными, в основном природными явлениями без наложения региональных антропогенных влияний.

*Мониторинг биологический* – 1) слежение за биологическими объектами (наличием видов, их состоянием, появлением случайных интродуцентов и т. д.); 2) мониторинг с помощью биоиндикаторов.

*Мониторинг глобальный* – слежение за общемировыми процессами и явлениями, включая антропогенные воздействия на биосферу.

*Мониторинг импактный* – мониторинг региональных и локальных антропогенных воздействий в особо опасных зонах и точках.

*Мониторинг окружающей среды* – слежение за состоянием окружающей человека природной среды и предупреждение о создающихся критических ситуациях, вредных или опасных для здоровья людей и других живых организмов.

*Мониторинг региональный* – слежение за процессами и явлениями в пределах какого-то региона, где эти процессы и явления могут отличаться и по природному характеру, и по антропогенным воздействиям от базового фона, характерного для всей биосферы.

Программой ООН по окружающей среде – организацией ЮНЕП – выделяется 5 основных видов мониторинга:

- климатические условия;
- крупномасштабный перенос и осаждение загрязняющих веществ;
- здоровье человека;
- возобновляемые природные ресурсы;
- океан.

Соответственно говорят о трех ступенях мониторинга:

- *экологическом* или *санитарно-гигиеническом*, исследующем вопросы климата, загрязнения экологических систем.

Под **экологическим** понимается *системным образом организованный мониторинг природных сред, природных объектов, геоэкосистем, источников антропогенного воздействия на них. Под источниками антропогенного воздействия* следует понимать источники эмиссии (выделения) веществ, энергии и излучений в природные среды, а также изъятие природных ресурсов, нарушение естественной структуры природных сред и их составляющих. *Под геоэкосистемой* – материально-энергетическую систему, состоящую из взаимообусловленных природных компонентов, территориально-промышленных комплексов и систем расселения людей. Понятие геоэкосистема близко к понятию экосистемы, но оно включает как системное целое деятельность человека. Экологический мониторинг позволяет обеспечить постоянную оценку экологических условий среды обитания человека, выявить текущее состояние природных сред и биологических объектов (растений, животных, микроорганизмов и т. д.), а также функциональную целостность экосистем; определить корректирующие действия в тех случаях, когда целевые показатели экологических условий не достигаются; установить причины негативного воздействия на природные среды, природные объекты, геоэкосистемы, а также источники их возникновения до того, как будет нанесен значимый ущерб. Таким образом, экологический аспект в наблюдении состояния окружающей среды проявляется в системной организации таких наблюдений;

- *геосистемном* или *природно-хозяйственном*, изучающем последствия эксплуатации природных ресурсов (истощение сырья);
- *биосферном*, занимающимся глобальными вопросами загрязнения всей планеты и его влияния на климат, погоду.

Приведенная ниже классификация (табл. 1.1) охватывает весь блок экологического мониторинга: наблюдения за источниками и факторами техногенного воздействия, абиотической составляющей биосферы и ответной реакцией экосистем на эти изменения [12].

*Таблица 1.1.*

*Классификация экологического мониторинга*

<b>Мониторинг источников воздействия</b>	Источник воздействия			
<b>Мониторинг факторов воздействия</b>	Факторы воздействия			
	Физические	Биологические	Химические	
<b>Мониторинг состояния биосферы</b>	Природные среды			
	Атмосфера	Океан	Поверхность суши с реками и озерами	Биота
	Геофизический мониторинг			Биологический мониторинг

Таким образом, экологический мониторинг включает как геофизические, так и биологические аспекты, что определяет широкий спектр методов и приемов исследований, используемых при его осуществлении.

В соответствии с определенными признаками мониторинг

также подразделяется на следующие типы.

*По принципам организации:*

- подземный;
- наземный;
- аэрокосмический;
- сопряженный (подземно-наземно-аэрокосмический);
- аварийных ситуаций.

*По уровням:*

- макроуровень;
- микроуровень.

*По объектам:*

- природные системы;
- антропогенные системы;
- природно-антропогенные системы.

*По видам:*

- биоэкологический (санитарно-гигиенический);
- геоэкологический (природно-хозяйственный);
- климатический;
- промышленный;
- транспортный;
- энергетический и т. д.

Также экологический мониторинг подразделяются на подвиды:

- ботанический,
- зоологический,
- антропологический и т. д.

Известна также классификация мониторинга, предложенная акад. И. П. Герасимовым, в которой он подразделяется на блоки, каждый из которых имеет свои задачи и базу обеспечения (табл. 1.2).

В 1982 г. В.К. Епишиным были выделены четыре основных аспекта, определяющих окружающую природную среду, и построена четырехмерная классификация подсистем мониторинга, приведенная в табл. 1.3.

*Таблица 1.2*

*Система наземного мониторинга окружающей среды*

№ п/п	Блок мониторинга	Объекты мониторинга	Характеризуемые показатели	Службы
1.	Биологический (санитарный)	Приземной слой воздуха Поверхностные и грунтовые воды Промышленные и бытовые стоки и выбросы Радиоактивные излучения	Содержание токсических веществ Физические и биологические раздражители (шумы, аллергены и др.) Степень радионизлучения	Гидрометеорологическая, водохозяйственная, санитарно-эпидемиологическая
2.	Геосистемный (хозяйственный)	Исчезающие виды животных и растений Природные экосистемы Агросистемы Лесные экосистемы	Функциональная структура природных экосистем и ее нарушения Популяционное состояние растений и животных Урожайность сельскохозяйственных культур Продуктивность насаждений	-
3.	Биосферный (глобальный)	Атмосфера (тропосфера) и озоновый экран  Гидросфера	Растительный и почвенный покров, животные Радиационный баланс, тепловой перегрев, газовый состав и запыление Загрязнение больших рек и водоемов; водные бассейны, круговороты на обширных водосборах и континентах Глобальные характеристики состояния почв, растительного покрова и животных. Глобальные запасы CO <sub>2</sub> и O <sub>2</sub> . Крупномасштабные круговороты веществ	Международные биосферные станции

Это следующие аспекты: компонентный, целевой, организационно-уровневый, методический. Четырем основным геосферам (компонентам биосферы): атмо-, гидро-, лито-

сфере, живому веществу (биоте) – отвечают подсистемы первого порядка мониторинга окружающей среды, которые могут вступать во всевозможные комбинации на всех пространственно-временных уровнях (этот аспект вынесен за скобки классификации). Считается, что каждая подсистема мониторинга подразделяется еще на региональные и локальные, оперативные и долгосрочные подсистемы.

*Таблица 1.3.*

*Классификация подсистем мониторинга по В.К. Епишину*

Биосфера и ее возможности			Мониторинг ресурсов/ мониторинг загрязнений				
			Уровни организации вещества				
			1	2	3	4	5
МОНИТОРИНГ БИОТИЧЕСКОЙ ПОДСИСТЕМЫ	Мониторинг живого вещества (биоты)	Мониторинг человека	1101	1101	1100	1100	1100
		Мониторинг биоценоза: • зооценоза • фитоценоза	1101 1101	1101 1101	1100 1101	1100 1100	1100 1100
		Мониторинг • ландшафта • почв	1101 1101	1101 1101	1101 1101	1100 1100	1100 1100
		Мониторинг рельефа	1101	1101	1101	1100	1100
МОНИТОРИНГ АБИОТИЧЕСКОЙ ПОДСИСТЕМЫ	Мониторинг литосферы	Мониторинг горных пород суши (мерзлых и талых)	1101	1101	1101	1100	1100
		Мониторинг горных пород шельфа	1101	1101	1100	1100	1100
		Мониторинг подземных вод	1101	1101	1100	1100	1100
		Мониторинг недр (полезных ископаемых и среды)	1101	1101	1101	1100	1100

МОНИТОРИНГ АБИОТИЧЕСКОЙ ПОДСИСТЕМЫ	Мониторинг гидросферы	Мониторинг ледников и снега	1101	1101	1101	1100	1100
		Мониторинг вод суши	1101	1111	1101	1100	1100
		Мониторинг океана	1111	1111	1111	1100	1100
	Мониторинг атмосферы	Мониторинг тропосферы	1111	1111	1111	1101	1101
		Мониторинг стратосферы	1111	1111	1111	1101	1101

В целевом аспекте выделены две подсистемы: мониторинг загрязнения биосферы и мониторинг ресурсов биосферы (возобновляемых и невозобновляемых). Далее выделены и закодированы цифрами (1, 2, 3, 4, 5) пять уровней организации вещества биосферы, по которым ведется контроль изменений ее состояния. Для каждого живого вещества (биоты) это следующие уровни: живое вещество – отдельный биоценоз – организм – ткань – ген (молекулярный уровень). Для литосферы: литосфера в целом – геологическая формация – горная порода – минерал – молекула минерала (молекулярный уровень).

В методическом аспекте В.К. Епишин выделяет четыре основных типа натуральных наблюдений, увязанные с общей структурой мониторинга окружающей среды: экспедиционные; стационарные (наземные и морские); комплексные фоновые; дистанционные (космоаэрофотосъемка). Типы наблюдений закодированы в классификации с помощью позиционного кода: первую позицию занимают экспедиционные, вторую – стационарные, третью – комплексные фоновые и

четвертую – дистанционные. Наличие данного типа наблюдения для конкретной подсистемы кодируется единицей (1), отсутствие – нулем (0).

Рассмотренная классификация дает возможность представить место геоэкологического мониторинга в глобальной системе мониторинга окружающей среды.

## 1.3. Глобальная система мониторинга окружающей среды

Идея о создании глобальной системы мониторинга окружающей среды (ГСМОС) была высказана на Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде в 1972 г. Однако до сих пор мониторинг на глобальном уровне (т. е. макроуровень) не имеет четко сформулированных целей.

Основные идеи ГСМОС еще в 80-х годах были сформулированы академиком Ю.А. Израэлем, причем отличительной особенностью его концепции было слежение за антропогенными изменениями в окружающей природной среде.

В постановочном аспекте концепция мониторинга была сформулирована в 1971 г. канадским ученым Р. Мэном, в работе которого отмечено, что *«мониторинг – это система повторных наблюдений одного и более элементов окружающей природной среды в пространстве и времени с определенными целями в соответствии с заранее подготовленной программой»*.

Одним из мероприятий, намеченных Стокгольмской конференцией, было создание Глобальной системы наблюдения (или Оценки окружающей среды) в рамках ЮНЕП, функции которой состояли в оценке и обзоре информации, исследованиях и ведении мониторинга. Эта система была определена как система сбора, сопоставления и обобщения дан-

ных, на основе которых определяется экологическое состояние и тенденции его изменения под влиянием деятельности человека. Она может охватывать весь земной шар, регион, отдельную страну, какой-либо район, проект или вещество.

*Под мониторингом (в Глобальной системе наблюдения) понималась система наблюдения, сбора и распространения информации с заранее определенными целями для выполнения одной или нескольких из следующих функций:*

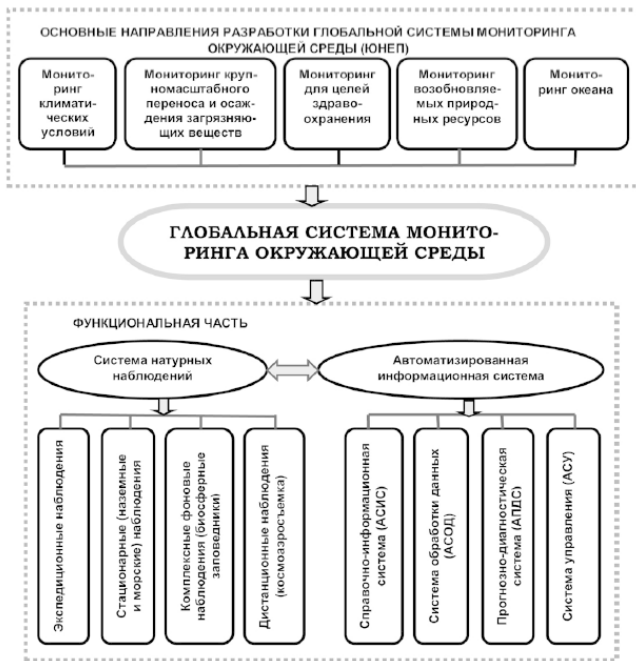
- установление факта значительного изменения в окружающей среде и обеспечение раннего оповещения о нем;
- изучение уровней и тенденций факторов окружающей среды с целью принятия соответствующих решений и планирования мер по защите окружающей среды;
- проверка соответствия фактического качества окружающей среды установленным критериям и нормам;
- проверка эффективности систем контроля и принимаемых мер;
- обзор и изучение влияния изменений окружающей среды, в частности, на здоровье человека, природные ресурсы и человеческую деятельность;
- изучение воздействия конкретных видов деятельности на окружающую среду с целью принятия решения о необходимости замены некоторых видов этой деятельности.

Позже Глобальная система наблюдения стала называться Глобальной системой мониторинга окружающей среды (ГСМОС). Первое межправительственное совещание по мони-

торингу состоялось в Найроби в 1974 г. На совещании были сформулированы семь основных целей:

- организация расширенной системы информации об угрозе здоровью человека; оценка глобального загрязнения атмосферы и его влияния на климат; оценка количества и распределения загрязнений в биологических системах, особенно в пищевых цепочках;
- оценка критических проблем, возникающих в результате сельскохозяйственной деятельности и землепользования;
- оценка реакции наземных экосистем на воздействие окружающей среды;
- оценка загрязнений океана и влияния загрязнений на морские экосистемы;
- создание усовершенствованной системы предупреждения стихийных бедствий в международном масштабе и выработка списка приоритетных поллютантов для систем.

Под *мониторингом окружающей природной среды* понимается система контроля, наблюдения, оценки и прогноза изменений природной среды, вызванных хозяйственной деятельностью человека, осуществляемая в пространстве и времени с определенными целями в соответствии с заранее подготовленной программой.



***Рис. 1.3. Глобальная система мониторинга окружающей среды***

Общая структура ГС МОС показана на рис. 1.3. Работа ГС МОС в рамках ЮНЕП ведется по пяти основным направлениям:

- мониторинг климата;
- мониторинг крупномасштабного переноса и осаднения загрязняющих веществ;

- мониторинг для целей здравоохранения;
- мониторинг возобновляемых природных ресурсов;
- мониторинг океана.

*Мониторинг климата* осуществляется ГС МОС совместно со Всемирной метеорологической организацией (ВМО, ООН). Он состоит из станций фоновго загрязнения атмосферы Всемирной службы погоды (ВСП/ВМО) и Всемирного каталога ледников. С помощью ЮНЕП было создано 100 региональных и 10 базовых станций в разных частях земного шара. Программа наблюдений расширена за счет проведения систематического определения отражающей способности Земли (альbedo) и наблюдения за распространением и изменчивостью глобального снежного покрова и морских льдов. Составление Всемирного каталога ледников осуществляется ЮНЕСКО и Шведским Федеральным технологическим институтом на базе информации, поступающей с 750 ледниковых станций. Результаты измерений фоновго загрязнения воздуха направляются в Климатический центр (ВМО) в Ашвилле (США), где ежегодно с 1971 г. они публикуются в специальных выпусках. В выпусках содержатся сведения о спектральных характеристиках солнечной радиации для целей оценки мутности атмосферы и сведения о химическом составе осадков по 15 показателям. Данные наблюдений за мутностью атмосферы поступают с 86 станций из 19 стран, о химическом составе атмосферных осадков – с 34 станций из 11 стран.

*Мониторинг крупномасштабного переноса и осаждения загрязняющих веществ* реализует Европейская программа по мониторингу окружающей среды в рамках Европейской экономической комиссии (ЕЭК/ООН). Наблюдательная сеть имеет 86 станций, расположенных в 22 европейских странах. Информация: содержание серы в аэрозолях, сульфатов и основных ионов в атмосферных осадках, серного ангидрида в газообразном состоянии, а также кислотности в атмосферных осадках – поступает в Норвежский институт атмосферных исследований и метеорологические центры в Осло для стран Западной Европы, в Москву для стран Восточной Европы.

*Мониторинг для целей здравоохранения* осуществляется под руководством Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) и координируется ЮНЕП. Он состоит из трех взаимосвязанных частей. ВМО проводит контроль за загрязнением воздуха в городах на 180 станциях в 60 странах. ВМО совместно с ЮНЕСКО (организация ООН по вопросам образования, науки и культуры) контролирует качество воды на 300 станциях. ФАО (Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН) осуществляет контроль продуктов питания. Первый ее проект предусматривает наблюдения за содержанием свинца в овощах и рыбных продуктах и хлорсодержащих углеводов в молочных продуктах.

*Деятельность по мониторингу возобновляемых природных ресурсов* осуществляется ФАО и ЮНЕСКО. В про-

грамму «Человек и биосфера» (МАБ/ЮНЕСКО) включены исследования по следующим проблемам: опустынивание – проект № 4, истощение и ухудшение тропических лесов – проект № 1, тропические лесопастбищные угодья – проект № 3.

*Вопросы мониторинга* загрязнения океана являются предметом изучения ряда национальных и международных программ в рамках ЮНЕП, ВМО и МОК. Межправительственной океанографической комиссией (МОК/ЮНЕСКО) были разработаны план Глобальных исследований загрязнения морской среды (ГИЗМС) и Объединенная глобальная система океанографических станций (ОГСОС). Работы по региональному исследованию Средиземного моря осуществляют 83 морских научных института от 16 стран и ЕЭК под руководством ФАО, МАГАТЭ, МОК, ВМО и ВОЗ. С 1979 г. в программу исследований включен мониторинг поступления загрязняющих веществ, переносимых по рекам и воздуху в Средиземное море. Оценка нагрузки от загрязнителей, вносимых большими реками, была начата в рамках проекта ЮНЕСКО по всемирной регистрации речных сбросов в океан.

# Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.