

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания для практических занятий по дисциплине

Методы экологического мониторинга

Для направления подготовки 04.03.01 Химия
профиль «Органическая и медицинская химия»

Ставрополь, 2026

История развития системы экологического мониторинга

В различных видах своей деятельности человек издавна применяет систему наблюдений за объектами или явлениями. Уже в древности люди могли предвидеть время начала наводнения, составить примерный прогноз погоды и др.

К концу 60-х гг. XX в., в результате наблюдений и их анализа, почти все высокоразвитые страны пришли к выводу о необходимости принятия срочных мер для предотвращения ухудшения состояния и деградации природной среды. Позднее (в 70-х гг.) стало ясным, что необходим научный подход к оценке состояния природной среды и разработка моделей взаимодействия общества с природой.

В связи с мощным антропогенным прессом на природную среду и бурным развитием техносферы главной задачей человечества в настоящее время является поиск путей выхода из создавшейся критической экологической ситуации. Но для того, чтобы принять правильные решения, необходимо иметь полную и достоверную информацию о состоянии окружающей среды.

За время существования человечества, особенно в XX веке, был накоплен большой фактический материал по изменению природы, а также природно-антропогенных систем. Однако для оценки, прогнозирования и своевременного предупреждения возможных неблагоприятных последствий нужны специальные наблюдения, которые велись бы с учетом связей (прямых и обратных) между деятельностью людей и состоянием окружающей среды.

Термин «мониторинг» появился перед проведением Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде в 1972 г.

Под термином **мониторинг** (от английского monitoring – контроль, смысл – от латинского monitor – тот, кто напоминает, предостерегает, надзиратель) было решено понимать систему непрерывного наблюдения, измерения и оценки состояния окружающей среды.

В это же время (1972 г.) появились и первые предложения о необходимости создания Глобальной системы мониторинга окружающей среды, которая в настоящее время еще не создана из-за разногласий в объемах, формах и объектах мониторинга, распределения обязанностей между существующими системами наблюдений и других проблем политического характера. Но в будущем такая система должна сложиться, став частью единого интегрирующего процесса, происходящего в мире, называемой глобализацией.

С самого начала в трактовке мониторинга проявились несколько точек зрения:

- Многие зарубежные исследователи предлагали осуществлять систему непрерывных наблюдений одного или нескольких компонентов окружающей среды с заданной целью и по специально разработанной программе.
- Другая точка зрения (Ю.А. Израэль, 1977 г.) предлагала понимать под мониторингом только такую систему наблюдений, которая позволяет выделить изменения состояния биосферы под влиянием антропогенной деятельности, т.е. мониторинг только антропогенных изменений окружающей природной среды.
- По мнению еще одного российского исследователя И.П.Герасимова (1975г.), объектом общего мониторинга предлагалось считать многокомпонентную совокупность природных явлений, подверженных многообразным естественным динамическим изменениям и испытывающих разнообразные воздействия и преобразования ее человеком.

На современном этапе забота о сохранении природы заключается не только в разработке и соблюдении законодательств об охране Земли и ее недр, лесов и вод, атмосферного воздуха, животного и растительного мира, но и в познании закономерностей причинно-следственных связей между различными видами человеческой деятельности и изменениями, происходящими в природной среде.

В последние десятилетия общество все шире использует в своей деятельности сведения о состоянии природной среды. Эта информация нужна в повседневной жизни людей, при ведении хозяйства, в строительстве, при чрезвычайных обстоятельствах – для оповещения о надвигающихся опасных явлениях природы. Но изменения в состоянии окружающей среды происходят и под воздействием биосферных процессов, связанных с деятельностью человека. Определение вклада антропогенных изменений представляет собой специфическую задачу.

К настоящему времени уже больше века во многих развитых странах мира ведутся регулярные метеорологические, сейсмологические, фенологические и другие наблюдения, которые помогают с большей точностью прогнозировать будущее состояние окружающей природной среды.

На территории России впервые контроль за состоянием природной среды стал осуществляться в 30-е гг. прошлого столетия на нескольких водных объектах, где определялось минимальное число поллютантов (главные ионы и биогенные элементы). В 50-х гг.(XX в.) начаты работы по наблюдению за радиоактивным загрязнением природной среды, а с 1963 г. за состоянием

атмосферного воздуха и водных объектов. С 1963 по 1972 гг. шло организационное становление первого этапа наблюдений за загрязнением природной среды. В 1972 г. на базе органов Гидрометслужбы, Минздрава и Минсельхоза и ряда других заинтересованных министерств и ведомств была организована общегосударственная служба наблюдения и контроля загрязнения природной среды (ОГСНК). В структурном отношении ОГСНК состояла из подсистем наблюдений и контроля загрязнения атмосферного воздуха, вод суши, морей и океанов, почв, а также фонового загрязнения различных сред включая биосферные заповедники.

Основным принципом организации наблюдений являлась их комплексность, которая предусматривала согласованную работу всех ведомств по организации наблюдений в природной среде, синхронность наблюдений и согласованность сроков их проведения с характерными гидрометеорологическими ситуациями.

Цели и задачи экологического мониторинга

Понятие мониторинг (от лат. monitor – управление, слежение) вошло в научную литературу сравнительно недавно – в начале 1970-х гг. и подразумевает слежение за какими-то объектами или явлениями.

Экологический мониторинг – это информационная система наблюдений, оценки и прогноза изменений в состоянии окружающей среды, созданная с целью выделения антропогенной составляющей этих изменений на фоне природных процессов.

Основная цель экологического мониторинга заключается в создании информационной системы, позволяющей получать достоверные сведения о состоянии окружающей среды и ее изменениях в физических и биотических компонентах под действием естественных и антропогенных факторов.

Экологический мониторинг решает следующие **задачи**:

- сбор первичной информации, ее накопление, систематизация, анализ и формирование банка данных;
- обработку и представление данных в виде различных таблиц, графиков, карт;
- усовершенствование и разработку методов получения исходной информации, оценка текущего состояния окружающей среды и прогноза;
- анализ причин наблюдаемых и вероятных изменений состояния;

– оперативное обеспечение необходимой информацией всех заинтересованных лиц.

Понятие мониторинга охватывает не только наблюдения за последствиями хозяйственного воздействия человека на природу, но и наблюдения за естественными природными явлениями неблагоприятного характера (наводнения, лесные и степные пожары, засухи, тайфуны, цунами, сели и пр.). Независимо от особенностей объекта наблюдения, **процесс мониторинга** всегда включает в себя **четыре основных этапа**:

- 1) наблюдение за объектом мониторинга;
- 2) оценку фактического состояния объекта мониторинга;
- 3) прогноз возможных изменений состояния объекта мониторинга;
- 4) оценку прогнозного состояния объекта.

Благодаря экологическому мониторингу становится возможным прогнозирование и предупреждение создающихся критических ситуаций в среде обитания человека.

Окружающая среда человека – многокомпонентная и многофункциональная система. Множество объектов экологического мониторинга может быть представлено следующими группами.

1. Атмосфера – воздушная среда, метеорологические процессы и климат, пограничные процессы в приземном слое и на границе «океан- атмосфера», естественные и техногенные загрязнения воздушного бассейна и их перенос.
2. Гидросфера – поверхностные воды и водные объекты, грунтовые и подземные воды, гидрохимия, динамика водных масс, источники питьевой и промышленной воды, системы сточной и ливневой канализации, очистные системы и сооружения, гидротехнические и мелиорационные системы, загрязнение водных объектов, особенно источников питьевой воды, перенос загрязняющих веществ в водных средах.
3. Литосфера – геологические и геоморфологические характеристики территорий, геологические природные комплексы, природные ископаемые и их разработка, частично почвы и агрохимические характеристики, общие вопросы землепользования, ресурсы, их разработка.
4. Педосфера – почва, культивация и рекультивация земель, водная и ветровая эрозия почв, пестицидное загрязнение почв, разрушение почв под воздействием внесения минеральных удобрений и водных мелиораций, почвы селитебных территорий.

5. Биота – растительность, животный мир, обитатели водоемов, лесное хозяйство, лесозащитные насаждения, особо охраняемые природные территории, природно-территориальные комплексы и ландшафты, их пауперизация (обнищание) и депрессия.

6. Подгруппы селитебных территорий и урбоэкосистем:

- города, поселки, деревни, системы их обеспечения и функционирования;
- промышленные объекты и зоны, зоны добычи ископаемых ресурсов;
- объекты сельскохозяйственного производства (фермы, технические станции, гидромелиоративные системы, системы орошения, предприятия по переработке продукции, зернохранилища, предприятия по подготовке кормов и хранилищ кормов, системы утилизации отходов производства);
- объекты инфраструктуры (автомобильные, водные и воздушные сообщения, электрические энергосистемы и тепловые сети, продуктопроводы, системы связи, гидротехнические и гидроэнергетические системы, инженерные системы и сооружения);
- социально-экономические факторы (жилищные условия, занятость и условия труда, отдыха и досуга, образование, дошкольные учреждения, спортивно-оздоровительная система, культурно-просветительская система, законодательное и нормативное обеспечение, система правовой и экономической защиты);
- охрана здоровья (санитария и гигиена, охрана труда, санитарно-эпидемиологический контроль, восстановление трудоспособности, неотложная, скорая и экстренная медицинская помощь, медикаментозное обеспечение, санаторно-курортные учреждения, профилактории и реабилитационные центры).

Любое группирование объектов экологического мониторинга является условным. Организация системы экологического мониторинга, которая была бы способна предоставить объективную и достоверную информацию о состоянии природной среды, является очень сложной задачей.

Классификация систем мониторинга

В зависимости от конкретных целей, задач, объектов наблюдения различают несколько видов и классов мониторинга. Существуют различные подходы к классификации экологического мониторинга – по характеру решаемых задач,

по уровням организации, по природным средам, за которыми ведутся наблюдения, по методам ведения наблюдений и другие.

Мониторинг источников воздействия	Источники воздействия			
Мониторинг факторов воздействия	Факторы воздействия			
	Физические	Биологические	Химические	
Мониторинг состояния биосферы	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.

Различные подходы к классификации экологического мониторинга можно обобщенно представить в следующей таблице (табл. 1).

Таблица 1

Существующие подходы к классификации экологического мониторинга

Принцип классификации	Существующие или разрабатываемые системы (подсистемы) мониторинга
1. Универсальные системы	Глобальный мониторинг (базовый, региональный, импактный уровни) Национальный мониторинг Международный мониторинг
2. Реакция основных составляющих биосферы	Геофизический мониторинг. Биологический мониторинг Экологический мониторинг (включая вышеназванные)
3. Различные среды	Мониторинг загрязнений и изменений в атмосфере, гидросфере, почве, загрязнений биоты
4. Факторы и источники воздействия	Ингредиентный мониторинг (радиоактивных продуктов, шумов)

	Мониторинг источников загрязнения
5. Острота и глобальность проблемы	Мониторинг океана Мониторинг озоносферы Мониторинг генетический
6. Методы наблюдений	Мониторинг по физическим, химическим, биологическим показателям Спутниковый (дистанционный) мониторинг
7. Системный подход	Медико-биологический мониторинг Экологический мониторинг Климатический мониторинг

Предложена следующая **классификация экологического мониторинга**.

1. По наблюдениям за реакцией составляющих биосферы:

- биологический мониторинг – наблюдения за биотической составляющей;
- геофизический мониторинг – наблюдения за абиотическими составляющими.

2. Мониторинг по факторам и объектам воздействия:

- мониторинг различных загрязнителей (ингредиентный);
- мониторинг в различных средах (приземный слой атмосферы, верхняя атмосфера, литосфера, почва, воды суши, воды морей и океанов);
- мониторинг источников загрязнения (точечные источники – промышленные предприятия, точечные передвижные – транспорт, площадные – поля, города и т.п.);
- мониторинг объектов воздействия (живые организмы – популяции животных, человек и т.п., неживые объекты – здания, сооружения и т.п.).

3. Мониторинг по масштабам воздействия:

- точечный;
- районный;
- региональный;
- глобальный.

4. Мониторинг по методам наблюдений:

- измерение химических показателей;
- измерение физических показателей;

– измерение биологических показателей.

По характеру обобщения информации различают следующие системы мониторинга: глобальный, фоновый, региональный, локальный. Данный подход положен в основу классификации систем мониторинга по территориальному принципу:

1. Базовый (фоновый) мониторинг представляет собой наблюдение за общебиосферными природными явлениями и процессами без наложения на них региональных техногенных явлений с целью получения информации о биосфере в целом или об отдельных биосферных процессах (об изменении климата, состоянии озонового экрана и т.п.). Данный вид мониторинга осуществляется под эгидой Программы ООН по окружающей среде и развитию (ЮНЕП) на станциях комплексного фонового мониторинга в биосферных заповедниках. Его целью является получение данных о фоновом (естественном) состоянии окружающей среды в далеком прошлом, до того, как началось ее интенсивное преобразование человеком. Поэтому базовый мониторинг ведется на базовых (фоновых) станциях, расположенных на значительном удалении от основных промышленных районов Земли. Методика наблюдений и оборудование, установленное на этих станциях, унифицированы в соответствии с международными соглашениями. Наземные базовые (фоновые) станции размещаются на территории биосферных заповедников – строго охраняемых крупных участков, практически не испытывающих локальных воздействий человеческой деятельности.

2. Глобальный мониторинг охватывает всю биосферу Земли, но включает в себя наблюдения как за природными, так и за техногенными процессами и явлениями и прогнозирование возможных неблагоприятных изменений. В каждой стране глобальный мониторинг ведется по своей национальной программе. В России вопросами глобального мониторинга занимается Единая государственная система экологического мониторинга (ЕГСЭМ), формирование которой начато в 1993 г. ЕГСЭМ призвана обеспечивать органы государственного управления и природопользования современной и достоверной информацией о состоянии природной среды в различных регионах России. Эта информация позволяет принимать взвешенные и обоснованные решения в области охраны природы и обеспечения экологической безопасности.

3. Региональный мониторинг – 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.

4. Локальный мониторинг – слежение за воздействием конкретного антропогенного источника (проводится на сравнительно небольшой терри-

тории водного объекта, лесного массива, города, территории крупного предприятия). Импа́ктный («точечный») мониторинг – разновидность локального мониторинга, который осуществляется в особо опасных зонах или местах источников загрязнения.

Практическая работа. Мониторинг и оценивание загрязнения атмосферного воздуха

Цель работы – ознакомиться с алгоритмом мониторинга атмосферного воздуха на примере расчета интегральных показателей индекса загрязнения атмосферы (ИЗА)

Мониторинг и оценивание загрязнения атмосферного воздуха

Оценивание уровня загрязнения атмосферы проводят путем сравнения средних и максимальных концентраций определения загрязняющего вещества с критериями качества атмосферного воздуха, к которым относятся геохимические (фоновые) и гигиенические (предельно допустимые концентрации – ПДК_{с.с.}, ПДК_{м.р.}) показатели.

ПДК_{с.с.} – предельно допустимая среднесуточная концентрация загрязняющего вещества в воздухе населенных мест, мг/м³; которая соответствует пробе отобранной в течение суток и которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия при неограниченно продолжительном воздействии;

ПДК_{м.р.} – предельно допустимая максимально-разовая концентрация загрязняющего вещества в воздухе населенных мест, мг/м³, которая соответствует пробе, отобранной в течение 20-30 минут, и которая при вдыхании воздуха не должна вызывать рефлекторных реакций в организме человека.

Выделяют 4 класса опасности вредных веществ: 1 – чрезвычайно опасные; 2 – опасные; 3 – умеренно опасные; 4 – относительно безвредные,

Для сравнительной оценки загрязненности атмосферы вредными примесями используют интегральный относительный показатель – индекс загрязненности атмосферы (ИЗА). Это – интегральный (суммарный, обобщенный, комплексный) санитарно-гигиенический показатель загрязнения атмосферы, который применяется для сравнительных оценок загрязнения атмосферы с установлением приоритетных загрязнителей и их источников. Индекс представляет собой относительный показатель, величина которого зависит от средней годовой концентрации вещества в атмосфере, ПДК_{с.с.} вещества и его класса опасности.

Практическая работа 2 Мониторинг и оценивание загрязнения почв

Цель работы – ознакомиться с алгоритмом мониторинга почв на примере расчета интегральных геохимических и гигиенических показателей загрязнения почвы

Мониторинг и оценивание загрязнения почв

Загрязнение почв количественно оценивают по суммарным показателям двух видов.

Первый вид – показатели, характеризующие геохимический уровень загрязнения.

Второй вид показателя, характеризующий гигиенический уровень загрязнения и рассчитываемый по формуле

Практическая работа

Мониторинг и оценивание загрязнения вод

Цель работы – ознакомиться с алгоритмом мониторинга вод на примере расчета интегральных показателей загрязнения вод.

Мониторинг и оценивание загрязнения вод

Загрязнение воды водоемов оценивают индексом загрязненности воды (ИЗВ). Это – интегральный (суммарный, обобщенный) санитарно-гигиенический показатель загрязнения воды, который применяется для сравнительных оценок загрязнения воды с установлением приоритетных загрязнителей и их источников. Индекс представляет собой относительный показатель, величина которого зависит от средней годовой концентрации вещества в воде, ПДК вещества.

Практическая работа

Проба, отбор и подготовка проб при мониторинге

Цель работы – ознакомиться с основными понятиями, правилами, оборудованием и требованиями при отборе, подготовке проб разных объектов, материалов к анализу.

Проба, отбор и подготовка проб при мониторинге

Задача качественно-количественного анализа при мониторинге (физико- химическом, биологическом) состоит в определении содержания элемента, вещества, живого организма, различного объекта окружающей природно- техногенной среды. Главное требование к анализу – получение результатов, близких в истинном. Это возможно при правильном выполнении всех операций (этапов) анализа. Любое аналитическое определение включает этапы:

- 1) отбор пробы;
- 2) пробоподготовка, которая состоит из предварительной и окончательной стадии, например, стадии измельчения, усреднения, сокращение пробы и стадии вскрытия ее, разделения (очистка) и концентрирования вещества;
- 3) анализ с помощью физико-химического, биологического или другого метода (например, при химическом анализе измерение аналитического сигнала как функции содержания в пробе определяемого компонента);
- 4) статистическая обработка результатов анализа.

Комплекс операций на этапах отбора и подготовки пробы называется опробованием. Каждый этап несет в себе погрешности анализа. Общая (суммарная) погрешность результатов анализа равна сумме погрешностей на каждом этапе анализа.

Проба – это часть исследуемого объекта окружающей среды (воздух, вода, почва, растение, донные осадки, снеговой покров, биота и др.) или материала (полезное ископаемое, технологическое сырье, продукция и др.), взятая для анализа.

Главное свойство пробы – быть представительной (репрезентативной), т.е. когда составы пробы и всей партии (сырья, продукции, почвы, воды и т.д.) исследуемого объекта являются идентичными. По своему составу пробы могут быть однородными и неоднородными, что отражает равномерность распределения определяемых компонентов в объекте анализа. В случае однородного материала, такого как газы, жидкости, однородные смеси достаточно взять в любом месте партии любое количество материала и провести анализ. Большая часть объектов сильно различается по своей однородности (горные породы, полезные ископаемые, продукты и отходы разных производств, воздух, природные и сточные воды, почвы, с.-х. культуры, биологические и

медицинские объекты, пища, лекарства и т.д.). Важными характеристиками пробы являются ее размер, стабильность, стоимость.

Соответствие составов пробы и исследуемого объекта определяет качество пробы, которое зависит от состава и гомогенности объекта, размеров объекта и пробы, выбранного метода пробоотбора, числа отобранных проб, разложения или загрязнения их, метода пробоподготовки (гомогенизация, уменьшение размера). Условия хранения и правильная маркировка проб влияют на идентичность определяемых составов. Проба должна сохранять свойства объекта, т.е. быть представительной. Поэтому от пробоотбора будет зависеть ее качественное соответствие анализируемому объекту.

По виду проба бывает:

1. Точечная (или разовая, единичная, частная) проба – это часть объекта, материала, которую отбирают за один прием, за одну операцию из разных точек объекта, партии, слоев в определенный момент времени. Она характеризует качество объекта, опробуемого материала в одном месте, времени или на определенном уровне.
2. Генеральная (или объединенная, суммарная, исходная, первичная, начальная, общая) проба – это объединение необходимого числа (n) точечных проб. Она характеризует данный объект, партию материала.
3. Промежуточная средняя проба – это проба, полученная из генеральной путем ее обработки методами дробления, перемешивания, сокращения.
4. Готовая (или средняя, сокращенная, товарная) проба – это обработанная, уменьшенная по массе генеральная проба.
5. Лабораторная (паспортная, сертификатная) проба – это конечная промежуточная, сокращенная генеральная, готовая проба, предназначенная в лаборатории для анализа.
6. Контрольная (арбитражная, архивная, резервная, дубликатная) проба – это лабораторная проба, которую хранят для повторных, контрольных анализов.

Пробоотбор – это такая процедура (операция), при которой происходит отбор достаточного количества

представительной части исследуемого объекта (материала), состав и свойства которого идентичны составу и свойствам объекта как целого. Универсальных правил, одинаково пригодных для различных материалов и объектов нет. Методы отбора проб весьма разнообразны в зависимости от агрегатного состояния (газы, жидкости, твердые) материала, характера материала (кусовой, сыпучий, металлы, шлаки, технологические растворы, отходы, полужидкие материалы и др.), степени его однородности и упаковки. Методы пробоотбора зависят также от задачи анализа, которая может состоять в определении среднего содержания одного или нескольких компонентов в объеме объекта, установлении распределения компонентов в пространстве по поверхности, по глубине слоя, или во времени, например, в технологическом процессе, при выбросов газопылевых потоков в атмосферу. Регламент методики пробоотбора, т.е. конкретные операции и их количество, зависит от требований по достоверности (точности) установления состава объекта анализа, а также от вида других испытаний, от технологических, биологических и др. требований. При взятии пробы для каждого конкретного материала (воздух, вода, почвы) разработаны правила или методики отбора пробы. Они включают способ отбора, вид пробоотборника, глубину его погружения, число точек отбора, размер проб и другие условия, изложенные в соответствующих ГОСТах, ТУ, РД и НД, т.е. отбор проб производится в точном соответствии с НД.

Методики отбора проб характеризуются следующими свойствами.

1. Способ отбора может быть – способ квадрата, когда объект (почва, донные осадки, руда и др.) геометрически делят на квадраты и пробы отбирают по углам квадрата, в центре его, по диагонали (рис.1); способ вычерпывания из штабеля, отвала, когда всю поверхность материала разбивают на участки взаимно перпендикулярными линиями, а число участков определяют по числу проб (рис.2). В каждой точке лопатой, совком или щупом выбирают порцию пробы на глубине 0,5-0,7 м. При отборе проб из вагонов отбирают по одной пробе из каждого вагона по схеме (рис.3), где номер точки соответствует номеру вагона; способ фракционного отбора, когда в пробу отбирают каждую n лопату или совок, где n – кратность отбираемой пробы, например, каждая десятая. Возможен фракционный отбор через определенные промежутки времени.; способ аспирационный или вакуумный заключается в протягивании

(аспирации) или поступлении газа, воздуха в поглотительные системы. Любой способ отбора должен обеспечивать случайность выборки, которая позволит получить представительную пробу.

2. Средства отбора определяются природой объекта. Это – лопаты, бутылки, совки, разные поглотители, фильтры, батометры для отбора воды, донных осадков и т.д. Например, для отбора сыпучих материалов применяют щупы в виде металлического узкого желоба, заостренного с одного конца и имеющего рукоятку на другом конце (рис.4).

3. Виды отбора могут быть разовыми (периодическими, нерегулярными), систематическими (серийные, регулярные), зональными (в разных местах), сезонными (в разное время), синхронными (одновременными).

4. Рабочий план отбора, который характеризует условия отбора пробы и подробно излагается в протоколе (акте) отбора проб (см. в приложении) и подписывается исполнителями.

Из отобранных в необходимом количестве точечных проб составляют путем их усреднения генеральную пробу, характеризующую данный объект, партию материалов и т.д. Весьма большая по массе и неоднородная по составу генеральная проба требует предварительной подготовки пробы.

Пробоподготовка – это совокупность операций (этапов) разделки пробы для анализа. Цель разделки (пробоподготовки) – измельчить и сократить пробу до определенной массы и гранулометрического состава и в то же время сохранить в конечной пробе (лабораторной) содержание всех определяемых компонентов, равное содержанию их как в генеральной пробе, так и во всей партии анализируемого материала.

Методика пробоподготовки к анализу включает следующие этапы: 14

1. Просушивание пробы в условиях, учитывающих свойства определяемых компонентов.
2. Измельчение пробы разными методами: грохочение, дробление, встряхивание, рассеивание, растирание с помощью различного оборудования (сит, дробилки, грохота, мельницы, ступки, миксеры и др.).

3. Перемешивание пробы разными способами: ручное перелопачивание; в смесителях; способ кольца-конуса, заключающийся в переброске материала из кольца в его центр; способ перекатывания материала из одного угла в другой, например, на бумаге, ткани, брезенте; и др.

4. Сокращение пробы с помощью особых приспособлений-делителей разных конструкций, или ручным способом. Сокращение представляет собой по существу отбор пробы от пробы. Наиболее распространенным способом сокращения проб является ручной способ квартования (или квадратование). Пробу, насыпанную в кучу в форме конуса, расплющивают в диск равномерной толщины. Диск делят на четыре равных сектора двумя взаимно перпендикулярными диаметрами. Два противоположных сектора отбрасывают, а оставшиеся перемешивают и сокращают по этой же схеме до необходимо количества. Этот способ применяют при подготовке почв, руды и др. объектов.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные этапы аналитического определения.
2. Что такое опробование?
3. Что из себя представляет суммарная погрешность результатов измерения?
4. Что такое проба?
5. Назовите основные характеристики пробы.
6. Какие бывают виды проб?
7. Что такое пробоотбор?
8. Какие бывают способы отбора проб?
9. Назовите основные этапы методики отбора проб.
10. Что указывается в акте отбора проб?
11. Что такое пробоподготовка (разделка)?
12. Назовите основные этапы методики пробоподготовки.
13. Отбор проб воздуха (газы, аэрозоли, пыль).
14. Отбор проб воды.
15. Отбор проб почвы и растений.

Практическая работа

Методы анализа и средства контроля объектов среды при экологическом мониторинге

Цель работы – ознакомиться с основными методами анализа и средствами контроля объектов и их свойств (или методами определения компонентов – элементов, веществ, объектов).

Методы анализа и средства контроля объектов среды при экологическом мониторинге

На этапе анализа объектов среды при определении в них элементов, веществ, организмов, физических свойств тел применяются различные методы анализа (или методы определения).

Метод анализа (или метод определения) – это качественно-количественное определение (идентификация) элемента, вещества, объекта, тела по их характерным, индивидуальным физическим, химическим, физико-химическим, биологическим свойствам.

Многие свойства элементов, веществ используются для получения сигналов, по которым определяют данные компоненты. Например, атомы, вещества обладают свойством поглощать или испускать излучения с определенными, только им характерными длинами волн, по которым проводят качественно-количественный анализ. Качественный анализ – это идентификация данного элемента, вещества, объекта по их характерным, индивидуальным признакам. Количественный анализ – это определение количества элемента, вещества, объекта путем измерения величины сигнала от содержания определяемого компонента. Соотношения между составом и его свойством устанавливают в виде калибровочного графика, по которому находят неизвестные количества.

В зависимости от определяемого свойства элемента, вещества, объекта существуют физические, химические, физико-химические, биохимические, биологические методы анализа. Например, к физико-химическому методу относится определение излучения элементов, молекул, а к биологическому – метод определения сероводорода в воздухе по изменению интенсивности свечения бактерий.

Физические и физико-химические методы анализа называются еще инструментальными, т.к. они основаны на применении инструментов, приборов, для измерений, которые называют средствами измерений.

Главными свойствами методов анализа, учитываемых при их выборе, являются.

1. Чувствительность (предел обнаружения, диапазон содержания) метода – наименьший сигнал, который может быть принят данным методом. Чувствительность метода тем выше, чем меньше то количество компонента,

от которого удастся принять сигнал. Обычно выбирают метод, чувствительность которого в 10-15 раз превышает измеряемые содержания элемента, вещества. Чувствительность метода можно повысить путем концентрирования пробы. С чувствительностью связан такой параметр как предел обнаружения – это наименьшая концентрация, при которой исчезает аналитический сигнал. Пределы обнаружения зависят от многих факторов (элемента и его содержания, пробоподготовки), но от метода анализа в значительной степени. Например, пределы определения веществ группы полициклических ароматических углеводородов спектрофотометрическим методом составляют порядка 10^{-5} , спектрофлуоресцентным – 10^{-7} , а низкотемпературнофлуоресцентным – 10^{-10} .

2. Точность метода – его способность обеспечить прямое и специфичное измерение аналитического сигнала определяемого компонента с хорошей воспроизводимостью результатов анализа.

3. Производительность – возможность просто, быстро, точно проводить анализ.

4. Автоматизация – самоуправляемость анализа.

5. Стоимость метода и его прибора.

К распространенным методам анализа и определения относятся следующие.

Физические (энергетические)

1. Методы измерения шума основаны на фиксировании звукового давления и преобразовании звукового колебания воздушной среды в электрический сигнал. Основные средства измерения (приборы) – реверберационная и звукомерная камера, шумомеры, микрофоны, анализаторы спектра, магнитофонная техника, радиотехническая аппаратура, акустические фильтры, которые характеризуются чувствительностью, частотной зависимостью, динамическим диапазоном, направленностью. Для измерения уровней громкости шума и сравнении с ПДУ используются шумомеры разных марок («Шум-1»; ВШВ-0,3; RFT-00014; и др.), которые включают блоки: микрофон – усилитель – корректирующие фильтры – детектор – стрелочный индикатор. Ряд НД регламентируют методы измерения шума, например, ГОСТ 13337. «Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий»; ГОСТ 17187 «Шумомеры. Общие технические требования и методы испытаний» и другие.

2. Методы измерения вибрации основаны на измерении параметров вибро-скорости, виброускорения, амплитуд, частот и фаз,

перемещений с помощью виброметров, акселерометров. Виброизмерительная аппаратура включает: датчики – преобразователи – анализаторы – контрольно-измерительные и сигнализирующие устройства – вибрационные стенды (механические, гидравлические, электродинамические, пьезоэлектрические и др.). Методики измерения вибрации регламентируются (ГОСТ 20844 и др.).

3. Методы измерения ИК-излучения основаны на преобразовании тепловой электромагнитной энергии фотоприемниками с чувствительными элементами в сигнал, определяемый детектором. В зависимости от способа преобразования энергии ИК-излучения приемники бывают тепловые (изменение температуры термочувствительного элемента в таких приборах как болометры, калориметры, термоэлементы), фотоэлектрические (появление электрического тока или напряжения в таких приборах как фотоприемники разных конструкций, электронно-оптические преобразователи, тепловизоры), люминесцентные (появление люминесценции). Для аэрокосмического мониторинга состояния окружающей среды широкое применение нашли тепловизоры в сочетании с аппаратурой видимого и УФ-диапазонов.

4. Методы измерения УФ-излучения основаны на регистрации УФ-квантов разными приемниками видимого и УФ света. Чаще всего это фотоматериалы на основе серебра. Широко применяются фотоэлектрические приемники, использующие явления фотоэффекта, ионизации, электронной эмиссии: фотоэлементы (ФЭ), фотоэлектронные умножители (ФЭУ), ионизационные камеры, счетчики фотонов, электронно-оптические преобразователи (ЭОП), фотоэлектрические методы регистрации оптического излучения. Методы измерения параметров ФЭУ регламентированы в ГОСТ 11612.0; ГОСТ 11612.16.

5. Методы измерения электромагнитных полей (ЭМП) основаны на измерении потока энергии электромагнитных колебаний. В зависимости от типа поля (электростатическое, магнитостатическое, переменное низких, промышленных радиочастот и др.) выбирается метод измерений и тип прибора. В области радиоизмерений используется импульсная техника с короткими по длительности импульсами. В электростатике для измерения зарядов и потенциалов проводников используются электрометры, амперметры, вольтметры, гальванометры постоянного тока и др. В магнитостатике постоянные магнитные поля измеряют приборами с датчиками Холла, микровиброметрами. Для анализа переменных сигналов используют осциллографы, частотомеры,

спектроанализаторы. Для измерения электрической и магнитной составляющих ЭМП служат приборы типа ИЭМП – ПЗ-15, ПЗ-16, ПЗ-17, радар-тесторы – ГК4-14, ТК4-3А. В технике СВЧ применяют панорамные измерители коэффициента стоячей волны напряжений (КСВН).

6. Методы измерения ионизирующего излучения основаны на способности α , β – частиц и γ -квантов ионизировать молекулы газов с последующей регистрацией образующегося электрического тока. Наиболее известные приборы – газоразрядные счетчики Гейгера-Мюллера (для электронов и α -частиц), сцинтилляционные счетчики (для нейтронов и γ -квантов), камера Вильсона (для заряженных частиц).

7. Ядерно-физические методы (радиоизотопный, радиоактивный) предназначены для определения радиоактивных элементов с помощью α , β , γ - спектрометрии на многоканальных спектрометрах.

8. Нейтронно-активационный метод позволяет определять тяжелые металлы путем облучения их нейтронами и последующего измерения уровней излучения. Метод чувствительный, автоматизированная аппаратура состоит из высокоэффективных детекторов, регистрирующих ЭВМ.

Химические (ингредиентные, вещественные)

1. Весовой (гравиметрический) предназначен для определения массы и процентного содержания элемента, иона, вещества при помощи взвешивания на технических или аналитических весах.

2. Титриметрический (объемный) метод отличается быстротой, простотой, точностью, суть которого заключается в измерении объемов как определяемого вещества, так и используемого при определении реагента в специальных титриметрических стеклянных бюретках. Метод включает четыре группы: кислотно-основное титрование реакции нейтрализации. Точку эквивалентности фиксируют при помощи индикатора, который меняет свою окраску в зависимости от pH среды; метод осаждения основан на образовании осадка, по которому определяют точку эквивалентности; метод окисления- восстановления использует соответствующие реакции между искомым веществом и веществом рабочего раствора. Известна иодо-, хромато-, перманганатометрия для определения катионов и ионов; методы комплексообразования определяют катионы и анионы, способные образовывать малодиссоциированные комплексы. Например, комплексон III трилон Б.

3. Тест-методы – это экспрессные, простые, дешевые, легко исполнимые приемы обнаружения и определения веществ, обычно не требующие существенной подготовки пробы, использования сложных приборов, сложного лабораторного оборудования и обученного персонала. Принцип их работы основан на использовании известных химических реакций и реагентов в условиях и в форме, обеспечивающих визуальный и легко измеряемый эффект, чаще всего – цвет и интенсивность окрашивания бумаги или длина окрашенной части индикаторной трубки. Простым примером являются всем известные бумажки для определения величины pH или трубки для выявления алкоголя в воздухе, выдыхаемом водителем. Тест-методы широко применяют в клиническом анализе, при обнаружении боевых отравляющих веществ и наркотиков, вредных веществ в воздухе рабочей зоны, в промвыбросах. Наряду с химическими тест-методами, к которым относятся и ферментные, существует большая группа иммунотестов, биотестов, основанных на применении живых организмов, их органов, тканей. Тест-методы используют обычно для предварительной оценки качества объектов среды, особенно в полевых условиях. Их точность анализа в 2-3 раз хуже, чем методов, применяемых в лаборатории, что достаточно для предварительных оценок.

Физико-химические (ингредиентные, вещественные)

1. Спектрофотометрические методы основаны на способности веществ поглощать видимую, УФ (ультрафиолетовую), ИК (инфракрасную) части спектра. Может быть метод визуальной колориметрии, когда исследуемый раствор сравнивают со стандартной шкалой. Например, определение цветности воды по хромато-кобальтовой шкале со стандартными растворами. Точные количественные определения возможны на приборах спектрофотокolorиметрах (ФЭК), спектрофотометрах при помощи предварительно построенной калибровочной зависимости в координатах «оптическая плотность – концентрация».

2. Оптические люминесцентные (люминесцентный, хемилюминесцентный, криолюминесцентный), флуоресцентные, рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) методы основаны на способности элементов, веществ излучать спектр разной длины волны, по интенсивности которого судят о концентрации определяемых компонентов. Измерения проводят на спектрофлуориметрах.

3. Хроматографический метод основан на предварительном разделении веществ при помощи тонкослойной, колоночной, газовой, жидкостной, газожидкостной, высокоэффективной жидкостной хроматографии (ТСХ, ЖХ, ГХ, ГЖХ, ВЭЖХ) с последующей идентификацией выделенного вещества различными физико-химическими методами. Измерения проводят на специальном оборудовании – хроматографах.

4. Электрохимические (полярографический, потенциометрический, кулоно-метрический) методы основаны на измерение потенциала ионизации веществ, по величине которого идентифицируют вещества. Существует большой набор измерительных приборов – полярографы, кулонометры, потенциометры.

5. Атомно-абсорбционный и атомно-адсорбционные методы высокочувствительные для определения разных элементов, особенно тяжелых металлов, основаны на способности веществ излучать или поглощать свет.

6. Хромато-масс-спектрометрический метод основан на разделении веществ, разрушении их на осколки с последующей идентификацией. Отличается высокой чувствительностью, применяются при определении ПАУ, диоксинов, хлорорганических соединений, включая диоксины, биомолекул.

Биохимические, биологические

1. Ферментативные и иммунохимические методы основаны на проведении биохимических реакций, обладают высокой чувствительностью, простотой, специфичностью. Например, известен метод определения фенолов с помощью фермента пероксидазы. Иммунохимические методы основаны на получении антител на определенные высокотоксичные загрязнители.

2. Биологические методы заключаются в контроле реакции биосистемы (клетка, гидробионты, растения, животные) на определяемый компонент. Известны методы:

Биоиндикация – метод оценки абиотических и биотических факторов среды обитания при помощи биообъектов и их систем. (лат. *indicare* – указывать). Организмы, популяции или их сообщества, свойства и функции которых коррелируют с определенными факторами среды и могут применяться для их оценки называются биоиндикаторами или биомониторами.

Биотестирование – метод активного мониторинга среды обитания при помощи тест-объектов в искусственных, лабораторных условиях.

Тест-объекты – живые организмы или их сообщества, выделенные в лабораторные культуры, по реакциям которых получают интегральную оценку токсичности объектов окружающей среды. Биотестирование дополняет аналитические и аппаратные методы мониторинга природной среды качественно новыми биологическими показателями, т.к. результаты определения концентрации токсикантов имеют относительную ценность. Важны не уровни загрязнения, а вызываемые ими биологические эффекты.

Экотоксикология – новый метод биологического мониторинга, направленный на установление пороговых эффектов токсического воздействия в системах «токсикант – живой организм», «доза – ответная реакция», «токсикант – экосистема» с целью проведения природоохранных мер и обеспечения экологической безопасности. Главная задача экотоксикологии – определение дозы вредного вещества, способного нанести вред живым системам.

Мониторинг биоразнообразия – система наблюдений за состоянием живых организмов (животные, растения, микроорганизмы) с целью слежения за состоянием биоты в природно-техногенных комплексах. Объектами биоразнообразия являются виды, сообщества, популяции, экосистемы, ландшафт, редкие виды и сообщества. Биоразнообразие определяется на генетическом, видовом, экосистемном уровнях для видов фоновых, индикаторных, редких. Фоновыми территориями служат особоохраняемые биосферные заповедники (БЗ).

Методы и средства контроля объектов среды

Для получения объективной информации о состоянии и об уровне загрязнения различных объектов окружающей среды необходимо располагать надёжными средствами и методами контроля. Повышение эффективности контроля за состоянием природной среды может быть достигнуто повышением производительности, оперативности и регулярности измерений, увеличением масштабов охвата одновременным контролем; автоматизацией и оптимизацией технических средств контроля и самого процесса.

Средства экологического наблюдения и контроля подразделяются на контактные, неконтактные (дистанционные), биологические, а контролируемые показатели – на функциональные (продуктивность, оценка круговорота веществ и др.) и структурные (абсолютные или относительные значения физических, химических или биологических параметров –

концентрация загрязняющего вещества, коэффициент суммарного загрязнения и др.).

1. Контактные методы контроля

Контактные методы контроля состояния объектов среды представлены как классическими методами химического анализа, так и современными методами инструментального анализа. Методы классифицируют на физические (рентгеноспектральный анализ, масс-спектрометрия, магнитная спектроскопия), физико-химические (спектральные, электрохимические, хроматографические), химические (гравиметрические, титриметрические).

Наиболее применяемые спектральные, хроматографические, электрохимические методы анализа объектов среды.

Спектральные методы анализа включают атомную и молекулярную спектроскопию, которые многочисленны. Из них наибольшее применение имеют – фотометрия, люминесценция, радиоволновая спектроскопия, ИК-, УФ- спектроскопия, рентгеноспектральный, эмиссионный и др. методы анализа.

Хроматографические методы и средства измерения делятся на две группы – соответственно с подвижными фазами газ и жидкость. В качестве детекторов используются фотометрия, люминесценция, пламенно-ионизационные детекторы. К данным методам относится чувствительная хромато- массспектропия.

Электрохимические методы делятся на методы, основанные на протекании и без протекания электродных реакций. Это – потенциометрия, электрохимия, кулонометрия и др.

Эффективность любого метода наблюдений и контроля за состоянием объектов окружающей среды оценивается совокупностью показателей:

- селективностью и точностью определения;
- воспроизводимостью получаемых результатов;
- чувствительностью определения;
- пределами обнаружения элемента (вещества);
- экспрессностью анализа.

Основным требованием к выбранному методу является его применимость в широком интервале концентраций элементов (веществ), включающих как следовые количества, в незагрязнённых объектах фоновых районов, так и высокие значения концентраций в районах технического воздействия.

2. Дистанционные методы контроля

Контактные методы наблюдений и контроля за состоянием природной среды дополняются неконтактными (дистанционными), основанными на использовании двух свойств зондирующих полей (электромагнитных, акустических, гравитационных): осуществлять взаимодействия с контролируемым объектом и переносить полученную информацию к датчику. Зондирующие поля обладают широким набором информативных признаков и разнообразием эффектов взаимодействия с веществом объекта контроля. Принципы функционирования средств неконтактного контроля условно подразделяют на пассивные и активные. В первом случае осуществляется приём зондирующего поля, исходящего от самого объекта контроля, во втором производится приём отражённых, прошедших или переизлученных зондирующих полей, созданных источником.

Неконтактные методы наблюдения и контроля представлены двумя основными группами методов: аэрокосмическими и геофизическими. Основными видами аэрокосмических методов исследования являются оптическая фотосъёмка, телевизионная, инфракрасная, радиотепловая, радиолокационная, радарная и многозональная съёмка. Неконтактный контроль атмосферы осуществляется с помощью радиоакустических и лидарных методов. Вначале радиоволны были использованы для анализа состояния ионосферы (по отражению и преломлению волн), затем сантиметровые волны применили для исследования осадков, облаков, турбулентности атмосферы. Область использования радиоакустических методов ограничена сравнительно локальными объёмами воздушной среды (около 1–2 км в радиусе) и допускает их функционирование в наземных условиях и на борту воздушных судов. Одной из причин появления отражённого акустического сигнала являются мелкомасштабные температурные неоднородности, что позволяет контролировать температурные изменения, профили скорости ветра, верхнюю границу тумана.

Принцип лидарного (лазерного) зондирования заключается в том, что лазерный луч рассеивается молекулами, частицами, неоднородностями воздуха; поглощается, изменяет свою частоту, форму импульса, в результате чего возникает флюоресценция, которая позволяет качественно или количественно судить о таких параметрах воздушной среды, как давление, плотность, температура, влажность, концентрация газов, аэрозолей, параметры ветра. Преимущество лидарного зондирования заключается в монохроматичности, когерентности и возможности изменять спектр, что

позволяет избирательно контролировать отдельные параметры воздушной среды. Главный недостаток – ограниченность потолка зондирования атмосферы с Земли влиянием облаков. Основными методами неконтактного контроля природных вод являются радиояркостной, радиолокационный, флюоресцентный. Радиояркостной метод использует диапазон зондирующих волн от видимого до метрового для одновременного контроля волнения, температуры и солёности. Радиолокационный (активный) метод заключается в приёме и обработке (амплитудной, энергетической, частотной, фазовой, поляризационной, пространственно-временной) сигнала, отражённого от взволнованной поверхности. Для дистанционного контроля параметров нефтяного загрязнения водной среды (площадь покрытия, толщина, примерный химический состав) используется лазерный отражательный, лазерный флюоресцентный методы и фотографирование в поляризованном свете. Флюоресцентный метод основан на поглощении оптических волн нефтью и различии спектров свечения легких и тяжёлых фракций нефти. Оптимальный выбор длины возбуждающей волны позволяет по амплитуде и форме спектров флюоресценции идентифицировать типы нефтепродуктов.

Геофизические методы исследований применяются для изучения состава, строения и состояния массивов горных пород, в пределах которых могут развиваться те или иные опасные геологические процессы. К ним относятся: магниторазведка, электроразведка, терморазведка, визуальная съёмка (фото-, теле-), ядерная геофизика, сейсмические и геоакустические и другие методы.

В программу наземных инструментальных геофизических наблюдений в системе мониторинга включаются:

- районы размещения дорогостоящих, ответственных и особо опасных объектов промышленного и гражданского строительства;
- промышленные зоны, в которых ведётся добыча полезных ископаемых, откачка (закачка) подземных вод, рассолов (промышленных стоков), места складирования отходов и т.п.
- территории, занятые топливно-энергетическими комплексами;
- территории с мутьдами оседания земной поверхности;
- территории занятые промышленными предприятиями, на которых выполняются прецизионные работы в различных сферах производственной деятельности;
- территории с неблагоприятной и напряжённой экологической обстановкой;
- территории расположения уникальных архитектурных сооружений и исторических памятников.

Основным видом непосредственного изучения опасных геологических процессов и явлений является комплексная инженерно-геологическая съёмка (ИГС). Методика комплексной ИГС к настоящему времени достаточно хорошо отработана. Сейчас практически вся территория Российской Федерации покрыта государственной среднемасштабной съёмкой (1 : 200 000; 1 : 100 000 и в ряде случаев 1 : 50 000). Методы получения инженерно-геологической информации в ходе съёмки хорошо разработаны и включают в себя комплекс подготовительных, полевых, лабораторных исследований. В ходе ИГС полевое изучение базируется на традиционных маршрутах геологических, топографо-геодезических и ландшафтно-индикационных исследованиях, горнопроходческих и буровых разведочных работах, полевом опробовании горных пород, динамическом и статическом зондировании и т.д. В этот комплекс работ включаются и специальные аэрокосмические, геофизические, математические, геодезические, гидрогеологические наблюдения.

С 1990-х гг. в России проводились организационные работы в области экологического мониторинга с использованием космических средств, а также формирования инфраструктуры региональных центров сбора и приёма космической информации. В России существует несколько космических систем дистанционного зондирования территории России, применимых для наблюдений за развитием опасных природных процессов и явлений. Основными и наиболее доступными для использования в ЕГСЭМ из них являются системы дистанционного зондирования «Метеор», «Океан», «Ресурс-0», «Ресурс-2» и др.

Изображения со спутников передаются на Землю в реальном масштабе времени в диапазоне 1700 МГц. Возможность свободного приёма спутниковой информации наземными станциями обеспечивается Всемирной метеорологической организацией согласно концепции «Открытого неба». На наземных станциях приёма спутниковой информации производится приём, демодуляция, первичная обработка и подготовка спутниковых данных к вводу в персональный компьютер станции. На территории России в последнее десятилетие активно развивается сеть станций приёма данных от спутников NOAA (американские метеорологические спутники), образующая наземную инфраструктуру регионального экологического мониторинга: в Москве (Институт космических исследований РАН, ВНИИ ГОЧС МЧС); Красноярске (Институт леса СО РАН); Иркутске (Институт солнечно-земной физики СО РАН); Салехарде (Госкомитет по охране окружающей среды Ямало- Ненецкого автономного округа); Владивостоке (Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН). Спутниковые данные дистанционного

зондирования позволяют решать следующие задачи контроля состояния среды:

- определение метеорологических характеристик: вертикальные профили температуры, интегральные характеристики влажности, характер облачности;
- контроль динамики атмосферных фронтов, ураганов, получение карт крупных стихийных бедствий;
- определение температуры подстилающей поверхности, оперативный контроль и классификация загрязнений почвы и водной поверхности;
- обнаружение крупных или постоянных выбросов промышленных предприятий;
- контроль техногенного влияния на состояние лесопарковых зон;
- обнаружение крупных пожаров и выделение пожароопасных зон в лесах;
- выявление тепловых аномалий и тепловых выбросов крупных производств и ТЭЦ в мегаполисах;
- регистрация дымных шлейфов от труб;
- мониторинг и прогноз сезонных паводков и разливов рек;
- обнаружение и оценка масштабов зон крупных наводнений;
- контроль динамики снежных покровов и загрязнений снежного покрова в зонах влияния промышленных предприятий.

3. Биологические методы контроля

Оценка экологической обстановки на территории в ходе формирования эффективной системы государственного экологического мониторинга невозможна без использования методов биодиагностики качества окружающей среды. Оценивать качество окружающей среды необходимо в целях:

- определения состояния природных ресурсов;
- разработки стратегии рационального использования региона;
- определения предельно допустимых нагрузок для любого региона;
- решение судьбы районов интенсивного промышленного и сельскохозяйственного использования, загрязненных территорий и т.д.;
- решения вопроса о строительстве, пуске или остановке определённого предприятия;
- оценки эффективности природоохранных мероприятий, введения очистных сооружений, модернизации производства и т.д.;

- введения новых химикатов и оборудования;
- создания рекреационных и заповедных территорий.

Ни один из этих вопросов не может быть объективно решён лишь на уровне рассмотрения формальных показателей, а требует проведения специальной разносторонней оценки качества среды обитания, т.е. необходима интегральная характеристика её состояния, биологическая оценка.

Методы биоиндикации основаны на наблюдениях отдельных организмов, популяции или сообществ организмов в естественной среде обитания с целью определения по их реакциям (изменениям) качества окружающей среды. В сельском хозяйстве широко применяется метод биоиндикации для диагностики питания сельскохозяйственных культур. Данный метод визуальной биоиндикации основан на изучении внешних признаков фито- и биоценозов, которые отражают качественные изменения среды обитания. В качестве признаков визуальной биоиндикации используется внешний вид растений. Таких признаков, связанных с нарушением питания растений, множество, в частности: замедление роста стеблей; ветвей и корней; пожелтение; бурение; загибание листьев; «краевые ожоги»; образование гнили; одревеснение стеблей и др. Для целей биоиндикации качества окружающей среды могут применяться популяционные и экосистемные критерии, которые характеризуются показателями: численности и биомассы отдельных видов; соотношением в сообществах различных видов, их распределение по обилию и т.п.

Известны Патолого-анатомические и гистологические, эмбриональные, гистологические, генетические, иммунологические методы биоиндикации.

Методы биотестирования – способ интегральной оценки токсичности загрязнений уже достаточно давно используется в системе мониторинга качества окружающей среды за рубежом и начинает применяться в нашей стране. Аргументами в пользу целесообразности использования подходов биотестирования качества окружающей среды являются их универсальность, экспрессность, простота, доступность и дешевизна. Высокая чувствительность тест-организмов к действию загрязняющих веществ привела ряд специалистов даже к идее о возможности полной замены всех гигиенических нормативов единственным критерием качественной оценки окружающей среды на основе биотестирования. Это определило необходимость изучения эффективности последнего. В частности, для выявления залповых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты и особенно в целях обнаружения резких изменений качества питьевой воды биотестирование имеет значение как сигнальный показатель экспресс-

контроля, позволяющий уже в течение одного часа получить данные интегральной оценки токсичности воды и принять необходимые меры для защиты населения, в то время как органолептические свойства воды могут оставаться без изменения, а на идентификацию веществ, поступивших в воду, химическими методами требуется несколько часов и даже суток. В настоящее время особое внимание уделяется приёмам токсикологического биотестирования, т.е. использования в контролируемых условиях биологических объектов в качестве средства выявления суммарной токсичности воды. Длительность биотестирования зависит от задачи, поставленной исследователем. Существуют следующие виды биотестов:

- острые биотесты (*acute tests*), выполняемые на различных тест-объектах по показателям выживаемости, длятся от нескольких минут до 24 – 96 ч;
- краткосрочные (*short-term chronic tests*) хронические тесты, длятся в течение семи суток и заканчиваются, как правило, после получения первого поколения тест-объектов;
- хронические тесты (*chronic tests*), распространяются на общую плодовитость ракообразных, охватывая три поколения.

Генетически однородные культуры тест-объектов (водных беспозвоночных и водорослей) можно получить в специализированных научных учреждениях, аккредитованных в системе сертификации на проведение анализов с использованием необходимого тест-объекта. В последние годы в России и ряде стран мира внедряются методы биотестирования качества поверхностных вод с использованием инфузорий, дафний и других водных биоценозов. В законодательном порядке установлена необходимость биотестирования водных вытяжек опасных отходов для определения их токсичности. В «Правилах охраны поверхностных вод» (Госкомприрода СССР, 1991 г.) биотестирование является обязательным методом при анализе качества природных и сточных вод. Любая комбинация традиционных аналитических приборов не в состоянии предусмотреть специфический биологический эффект, выявленный в процессе контроля токсичности в качестве интегрального показателя. Основные нормативные документы по биотестированию в России:

- РД 52.18.344–93 Методика выполнения измерений интегрального уровня загрязнения почвы техногенных районов методом биотестирования.
- ПНД ФТ 14.1:2:3:4.7–02, 16.1:3:3:3.4–02 «Токсикологические методы контроля. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из

почв, осадки сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний».

Контрольные вопросы

1. Что такое метод анализа (или определения)
2. Что такое качественный и количественный анализ
3. Какие методы анализа бывают
4. Какие методы называются инструментальными
5. Что такое средства измерения
6. Перечислите главные свойства методов анализа.
7. Назовите основные физические, химические, физико-химические, биохимические и биологические методы анализа, их суть и средства измерения.
8. Что представляют из себя тест-методы, их достоинства и недостатки
9. В чем схожесть и отличие методов – биоиндикация, биотестирование, экотоксикология, мониторинг биоразнообразия
10. Биоиндикацию и биотестирование относят к дифференциальным или интегральным методам диагностики
11. Какие дистанционные методы и с какой целью целесообразно применять в экологическом мониторинге?
12. Перечислите методы контроля и их основные свойства ?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. Топалова, О. В. Химия окружающей среды / О. В. Топалова, Л. А. Пимнева. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 160 с. — ISBN 978-5-507-45135-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/258452>

Дополнительная:

1. Севрюкова, Е.А. Экологический мониторинг [Текст] : учебник для академического бакалавриата : учебник для студентов вузов, обучающихся по инженерно-техническим направлениям и специальностям / Е. А. Севрюкова ; под общ. ред. В. И. Каракеяна. - Москва :Юрайт, 2016. - 397 с.

2. Дмитренко, В.П. Экологический мониторинг техносферы [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Техносферная безопасность" (квалификация/степень - бакалавр) / В. П. Дмитренко, Е. В. Сотникова, А. В. Черняев. - Изд. 2-е, испр. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2014. - 363 с.

3. Басов, В. М. Задачи по экологии и методика их решения : более 400 задач с ответами : учебное пособие / Басов, В. М. –Изд. 4-е. – М. : URSS : ЛИБРОКОМ, 2011. – 159 с. Режим доступа: <http://www.biblioclub.ru/book/85028/>.

4. Майстренко, В. Н. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 011000 – Химия / В. Н. Майстренко ; Университетская библиотека онлайн (ЭБС). – 2-е изд. – Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 325 с. – (Методы в химии). – Режим доступа: <http://www.biblioclub.ru/book/90037/>.

14. Анаников, В.П. и др. Развитие методологии современного селективного органического синтеза: получение функционализированных молекул с атомарной точностью // Успехи химии. 2014. Т.83.

Номер 10. С. 885-985.

Интернет-ресурсы:

1. <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека, система РИНЦ.
2. <http://ellib.gpntb.ru> - Электронная библиотека ГПНТБ России.
3. <http://www.scintific.narod.ru/index.htm> - Каталог научных ресурсов (ссылки на специализированные научные поисковые системы, электронные архивы, средства поиска статей и ссылок).

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания для организации и проведения самостоятельной
работы по дисциплине

Методы экологического мониторинга

Для направления подготовки 04.03.01 Химия
профиль «Органическая и медицинская химия»

Ставрополь, 2026

Пояснительная записка

Цель самостоятельной работы:

1. Систематизировать современные процессы интеграции Российского высшего образования в общеевропейскую и мировую образовательную практику; раскрыть сущность проблем организации учебно-воспитательного процесса на современном этапе развития высшего образования.

2. Подобрать такой дидактический материал для самостоятельной работы студентов, который бы позволил применить полученные знания на практике и развивать инициативу, активность и творческие способности.

3. Помочь обучающимся в формировании у них обоснованной гуманистической идеологии, в осмыслении с этих позиций новаторских и традиционных педагогических систем и педагогического опыта.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение настоящей дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе дисциплины «Высокомолекулярные соединения». По каждой из тем для самостоятельного изучения, приведенных в рабочей программе дисциплины следует сначала прочитать рекомендованную литературу и при необходимости составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме и для освоения последующих разделов курса.

Основными формами работы и контроля являются:

Контрольная работа - форм проверки и оценки усвоенных знаний, получения информации о характере познавательной деятельности, уровня самостоятельности и активности студентов в учебном процессе, эффективности методов, форм и способов учебной деятельности. Эта форма самостоятельной работы студента выявляет умение применять теоретические знания на практике, помогает проверить усвоение курса перед экзаменом (зачетом).

Собеседование - форма учебной деятельности, специальная беседа преподавателя со студентом на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, рассчитанная на выяснение объема знаний по определенному разделу, теме, проблеме и т.п., позволяющая оценить их умение аргументировать собственную точку зрения, предполагающая всестороннее обсуждение какого-либо вопроса, проблемы или сопоставлении информации, идей, мнений, предложений.

Реферат – раскрытие сущности исследуемой проблемы, включающее обращение к различным точкам зрения на вопрос, а также изложение собственных взглядов на нее.

Для подготовки к выполнению задания следует изучить и проанализировать рекомендованную литературу и на их основании подготовиться к изложению темы.

При проверке задания оцениваются

- уверенное владение материалом;
- умение четко и логично излагать свои мысли;
- умение творчески подходить к решению основных проблем темы;
- самостоятельность мышления, умение отстаивать свою позицию в ходе последующих дискуссий,
- самостоятельная и выразительная устная речь, полностью раскрывающая суть проблематики задания.

Собеседование - форма учебной деятельности, специальная беседа преподавателя со студентом на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, рассчитанная на выяснение объема знаний по определенному разделу, теме, проблеме и т.п., позволяющая оценить их умение аргументировать собственную точку зрения, предполагающая всестороннее обсуждение какого-либо вопроса, проблемы или сопоставлении информации, идей, мнений, предложений.

Принципиальные отличия заданий базового уровня от повышенного заключаются в большем объеме фактов и событий, в сравнительно-аналитическом характере изложения материала, его теоретической (методологической) составляющей.

Для подготовки к каждой теме следует изучить и законспектировать рекомендованные источники и научную литературу и на их основании подготовиться к указанным в методических материалах вопросам для обсуждения.

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования указанными конспектами.

При проверке задания, оцениваются:

- активное участие в работе;
- уверенное владение материалом;
- умение четко и логично излагать свои мысли;
- умение творчески подходить к решению основных вопросов темы;

- самостоятельность мышления,
- полное соответствие конспекта установленным требованиям;
- самостоятельная устная речь, полностью раскрывающая суть проблематики собеседования.

Реферат – раскрытие сущности исследуемой проблемы, включающее обращение к различным точкам зрения на вопрос, а также изложение собственных взглядов на нее.

Структура и содержание реферата

Структура реферата включает в себя следующие элементы:

- титульный лист;
- оглавление;
- введение;
- основная часть;
- заключение;
- список литературы и источников;
- приложение.

Титульный лист – это информация о выходных данных вашей работы. Он является первой страницей научной работы и заполняется по строго определенным правилам. Титульный лист не нумеруется.

В *оглавлении* текста последовательно излагаются названия пунктов реферата с указанием страницы, с которой начинается каждый пункт. Заголовки оглавления должны точно повторять заголовки в тексте. Сокращать или давать их в другой формулировке, последовательности и соподчиненности по сравнению с заголовками в тексте нельзя. Заголовки одинаковых ступеней рубрикации необходимо располагать друг под другом. Заголовки каждой последующей ступени смещают на три–пять знаков вправо по отношению к заголовкам предыдущей ступени. Все заголовки начинают с прописной буквы без точки на конце. Последнее слово каждого заголовка соединяют отточием с соответствующим ему номером страницы в правом столбце оглавления.

Введение к работе. Здесь обычно обосновываются актуальность выбранной темы, цель и содержание поставленных задач, формулируются объект и предмет исследования, указывается избранный метод (или методы) исследования.

Содержание глав основной части должно точно соответствовать теме реферата и полностью её раскрывать. Эти главы должны показать умение

автора сжато, логично и аргументировано излагать материал. Важно понимать, что каждая глава должна представлять собой законченное произведение. Её следует начинать постановкой рассматриваемой задачи, а завершать четкими, аргументированными выводами. Все приводимые в работе данные обязательно следует сопровождать подстрочной ссылкой на источник, описание которого должно приводиться в соответствии с требованиями библиографических стандартов. Как правило, основная часть реферата состоит из 2–3 глав, которые в случае необходимости разбиваются на параграфы.

Реферат заканчивается заключительной частью, которая так и называется «*заключение*». Этот синтез – последовательное, логически стройное изложение полученных итогов и их соотношение с общей целью и конкретными задачами, поставленными и сформулированными во введении.

После заключения помещается *библиографический список использованной литературы*, куда включаются оригинальные тексты, монографические исследования, научные статьи, учебные пособия и др. Каждый включенный в такой список литературный источник должен иметь отражение в тексте реферата. Если автор реферата делает ссылку на какие-либо заимствованные факты или цитирует работы других авторов, то он должен обязательно указать в подстрочной ссылке, откуда взяты приведенные материалы. Список литературы должен включать не менее 10 источников.

Объем реферата должен составлять не менее 20 страниц машинописного текста. Объем приложений не ограничивается.

Общие требования к оформлению реферата

Текст реферата должен быть напечатан на одной стороне стандартного листа белой бумаги формата А4 (210х297 мм) через полтора интервала (14 кегль) с применением черных чернил с полями вокруг текста. Размер левого поля 30 мм, правого – 10 мм, верхнего – 20 мм, нижнего – 20 мм. При таких полях каждая страница должна содержать приблизительно 1800 знаков (30 строк, по 60 знаков в строке, считая каждый знак препинания и пробел между словами также за печатный знак).

Текст перепечатывается в строго последовательном порядке. Не допускаются разного рода текстовые вставки и дополнения, помещаемые на отдельных страницах или на оборотной стороне листа, и переносы кусков текста в другие места. Все сноски и подстрочные примечания перепечатываются (через один интервал) на той странице, к которой они относятся. Все страницы нумеруются, начиная с титульного листа. Цифру, обозначающую порядковый номер страницы, ставят в правом углу верхнего

поля листа (на первой и второй странице цифру, обозначающую порядковый номер, не ставят).

Приложение для рефератов являются желательным, но необязательным элементом. В приложение обычно входят различные таблицы, графики, схемы, рисунки и т.п. Приложения помещают после списка использованных библиографических источников в порядке их упоминания в тексте. Каждое приложение следует начинать с нового листа. Приложение не входит в параметры минимального объема работы

Критерии оценки самостоятельной работы студентов

Задания, выносимые на самостоятельную работу, оцениваются по шкале «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

Оценка **«отлично»** выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет делать выводы относительно возможного механизма реакции, причем не затрудняется с ответом при прогнозировании не только структурных, но и пространственных результатов важнейших реакций с участием органических соединений, показывает высокий уровень владения основными методами определения пространственного строения веществ в соответствии с программными требованиями, ответы на вопросы логически выстроены и убедительны.

Оценка **«хорошо»** выставляется, если студент твердо знает материал, грамотно и по существу использует принципы конфигурационного и конформационного строения молекул, не допуская существенных неточностей, демонстрирует высокий уровень владения навыками изучения механизма реакции на основе современных физико-химических методов.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется, если студент показывает небольшое количество ошибок, не препятствующих общему пониманию механизма реакции, использует и знает взаимосвязь между пространственным строением молекул и механизмом реакций, отвечает на вопросы в основном полно при слабой логической оформленности высказывания.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные теоретические ошибки, не может логически правильно передать информацию.

Примерный перечень тем для самостоятельной подготовки:

1. Мониторинг состояния атмосферы.

2. Мониторинг качества поверхностных вод.
3. Мониторинг качества подземных вод.
4. Мониторинг гидрохимического загрязнения малых рек.
5. Мониторинг нефтяного загрязнения поверхностных и подземных.
6. Мониторинг нефтяного загрязнения почвы.
7. Мониторинг состояния почв.
8. Мониторинг загрязнения почв тяжелыми металлами.
9. Мониторинг состояния почв промплощадок конкретных промышленных и иных предприятий.
10. Мониторинг воздуха рабочей зоны конкретных промышленных и иных предприятий.
11. Мониторинг пылевого загрязнения окружающей среды.
12. Биогеохимический мониторинг городской растительности.
13. Мониторинг состояния снежного покрова на примере конкретной территории.
14. Мониторинг состояния природоохранных территорий.
15. Основные загрязнители в объектах окружающей среды.
16. Биомониторинг состояния окружающей среды и биотические наблюдения.
17. Загрязнения окружающей среды бытовыми и промышленными отходами.
18. Разработка схемы экологического мониторинга и контроля гальванического производства.
19. Разработка схемы экологического мониторинга и контроля литейного производства.
20. Разработка схемы экологического мониторинга и контроля металлообрабатывающего производства.
21. Разработка схемы экологического мониторинга и контроля автозаправочных станций.
22. Разработка схемы экологического мониторинга и контроля производства продуктов питания.
23. Разработка схемы экологического мониторинга и контроля автотранспортных предприятий и предприятий ремонта и обслуживания автотранспортных средств.
24. Разработка схемы экологического мониторинга и контроля предприятий жилищно-коммунального хозяйства.
25. Разработка схемы экологического мониторинга и контроля предприятий строительной индустрии.
26. Разработка схемы экологического мониторинга и контроля автосборочных производств.

27. Разработка схемы экологического мониторинга и контроля предприятий торговли и городских рынков.
28. Разработка схемы экологического мониторинга и контроля предприятий топливно-энергетического комплекса.
29. Разработка схемы экологического мониторинга и контроля предприятий агропромышленного комплекса.
30. Разработка схемы экологического мониторинга и контроля предприятий химической и нефтехимической промышленности.
31. Разработка схемы экологического мониторинга и контроля производства.
32. Современная мониторинговая сеть, проблемы и эффективность слежения.
33. Абиотический и биотический фоновый мониторинг особо охраняемых природных территорий (в том числе заповедников).
34. Мониторинг состояния минерально-сырьевых ресурсов.
35. Перенос загрязняющих веществ в различных средах. Барьеры переносу.
36. Экспрессные колористические и линейно-колористические методы.
37. Суперэкоотоксиканты.
38. Метрологические аспекты экоаналитической процедуры.
39. Приоритетность измерений концентраций загрязняющих веществ.
40. Экологическое нормирование.
41. Импактный мониторинг.
42. Мониторинг регионального загрязнения.
44. Мониторинг снежного покрова.
45. Мониторинг депонирующих сред.
46. Автоматизированные системы экологического мониторинга.
47. Организация и проведение подфакельных измерений.
48. Методы слежения за состоянием животного и растительного мира.
49. Мониторинг земель.
50. Лесной мониторинг.
51. Санитарно-гигиеническое нормирование окружающей среды.
52. Биогеохимический мониторинг городской растительности.
53. Климатический мониторинг.
54. Мониторинг морской среды.
55. Медико-экологический мониторинг.
56. Экологическое прогнозирование.
57. Классификация систем мониторинга.
58. Биогеохимический мониторинг городской растительности.
59. Экологические информационные системы.
60. Экологически опасные физические факторы воздействия.
61. Мониторинг трансграничного переноса.

62. Дистанционные методы мониторинга.
63. Оценка радиационной ситуации.
64. Загрязнения окружающей среды бытовыми и промышленными отходами.
65. Геоэкологическое картирование и комплексная оценка состояния окружающей среды.
66. Система нормирования радиационной безопасности.
67. Нормативы качества окружающей среды.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. Топалова, О. В. Химия окружающей среды / О. В. Топалова, Л. А. Пимнева. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 160 с. — ISBN 978-5-507-45135-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/258452>

Дополнительная:

1. Севрюкова, Е.А. Экологический мониторинг [Текст] : учебник для академического бакалавриата : учебник для студентов вузов, обучающихся по инженерно-техническим направлениям и специальностям / Е. А. Севрюкова ; под общ. ред. В. И. Каракеяна. - Москва :Юрайт, 2016. - 397 с.
2. Дмитренко, В.П. Экологический мониторинг техносферы [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Техносферная безопасность" (квалификация/степень - бакалавр) / В. П. Дмитренко, Е. В. Сотникова, А. В. Черняев. - Изд. 2-е, испр. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2014. - 363 с.
3. Басов, В. М. Задачи по экологии и методика их решения : более 400 задач с ответами : учебное пособие / Басов, В. М. —Изд. 4-е. — М. : URSS : ЛИБРОКОМ, 2011. — 159 с. Режим доступа: <http://www.biblioclub.ru/book/85028/>.
4. Майстренко, В. Н. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 011000 – Химия / В. Н. Майстренко ; Университетская библиотека онлайн (ЭБС). — 2-е изд. — Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. — 325 с. — (Методы в химии). — Режим доступа: <http://www.biblioclub.ru/book/90037/>.

Интернет-ресурсы:

1. <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека, система РИНЦ.
2. <http://ellib.gpntb.ru> - Электронная библиотека ГПНТБ России.
3. <http://www.scintific.narod.ru/index.htm> - Каталог научных ресурсов (ссылки на специализированные научные поисковые системы, электронные архивы, средства поиска статей и ссылок).