

Лекция 4: Методы экологического мониторинга, оценка состояния окружающей среды.

1. Биоиндикационные методы.
2. Метод сорбционных лизиметров в экологических исследованиях.
3. Химические и физические методы (мониторинг воздуха, почвы, водных объектов, загрязнения продуктов питания; шумового, электромагнитного, радиационного загрязнения окружающей среды).
4. Картографический метод исследований.
5. Методы социальной экологии.

1. Биоиндикационные методы.

Биоиндикационный мониторинг основан на чувствительности ряда организмов (хвойные растения, лишайники, микроорганизмы, пыльца, некоторые животные) к загрязнению атмосферного воздуха, воды или почвы.

Биоиндикацией называют совокупность методов и критериев, предназначенных для поиска информативных компонентов экосистем, которые могли бы:

- адекватно отражать уровень воздействия среды, включая комплексный характер загрязнения с учетом явлений синергизма действующих факторов;
- диагностировать ранние нарушения в наиболее чувствительных компонентах биотических сообществ и оценивать их значимость для всей экосистемы в ближайшем и отдаленном будущем.

Согласно определению Н.Ф. Реймерса [1990]: «Биоиндикатор: группа особей одного вида или сообщество, по наличию, состоянию и поведению которых судят об изменениях в среде, в том числе о присутствии и концентрации загрязнителей».

Определить качество окружающей среды можно с использованием **биотестов**. Суть метода заключается в том, что в реальные условия окружающей среды помещают тест-организмы, оптимальные условия жизни которых и некоторые числовые характеристики известны. В течение эталонного срока наблюдают и измеряют численные параметры жизни тест-организмов, затем их сравнивают с оптимальными. Однако такая оценка не имеет достаточной надежности.

Многолетние стационарные исследования рекреационных лесов.

На биоценозы возле автомагистралей оказывают влияние токсические вещества, которые распространяются в виде аэрозолей, паров, газов на расстояние до 150 м от края дорожного полотна (противогололедные агенты, тяжелые металлы и др.).

Как следствие возрастающей антропогенной нагрузки в лесных насаждениях происходят необратимые изменения биоценозов:

- ухудшаются почвенные условия;
- изменяется гидрологический режим;
- исчезают виды растений и животных.

Например, маршрутное лесопатологическое обследование на протяжении МКАД (Москва) выявило повреждение около 25 % насаждений (у хвойных –

пожелтение и опадение хвои, у лиственных – аномалии развития листьев и побегов).

Многолетние мониторинговые наблюдения за динамикой состояния придорожных насаждений включают организацию трансект. Это постоянные пробные площади (ППП), которые имеют вид полос, отходящих перпендикулярно от магистрали вглубь лесных массивов. Длина 100-200 м, ширина – 20 м. Полоса разбивается на секции (квадраты) размером 20х20 м, каждая из которых представляет отдельную ППП. В результате получают цепь последовательно сменяющихся друг друга участков, на которых влияние магистрали проявляется в различной степени.

В пределах трансекты проводят сплошной учет деревьев: каждое дерево нумеруют, наносят на план в масштабе 1:100 и подробно описывают: отмечают класс возраста, диаметр, высоту, ярус, общее состояние по шестибальной шкале (0-здоровые, 6- гибель), наличие вредителей, болезней, механических повреждений.

Для каждой секции делают подробный анализ древостоя, естественного возобновления, подлеска, травяно-кустарничкового яруса, живого напочвенного покрова.

Сравнивая эти показатели можно проследить изменение характера и состояния растительности по мере приближения к магистрали и во времени.

Лихеноиндикация загрязнения воздуха.

Лихеноиндикация – это определение качества атмосферного воздуха с помощью лишайников. Они представляют собой группу живых организмов, слоевище которых образовано грибом и цианобактерией или водорослью, находящихся в симбиозе. Лишайники приспособлены к крайне неблагоприятным условиям внешней среды и растут практически в любых климатических условиях.

Различают лишайники:

- накипные (корковые), имеющие слоевище в виде тонкой (гладкой или зернистой, бугорчатой) корочки, очень плотно срастающейся с субстратом (корой, камнем, почвой).

- листоватые (листовидные), имеющие вид мелких чешуек или пластинок и прикрепленные пучками грибных гиф к субстрату, от которого они легко отделяются

- кустистые, имеющие вид тонких нитей или ветвящихся кустика, прикрепленные к субстрату своим основанием.

Лишайники высокочувствительны к загрязнению среды обитания. На них избирательно действуют прежде всего вещества, увеличивающие кислотность среды (кислород, озон, водород, соляная кислота, оксид азота). Для лишайников сравнительно безвредны тяжелые металлы, накапливающиеся в слоевище в значительных количествах, а также радиоактивные изотопы.

С помощью лишайников можно оценить комплексное воздействие промышленных выбросов в обследуемом районе. Для этого территория

разбивается на квадраты определенного размера (величина зависит от изучаемой площади).

В обследуемом районе изучается обрастание лишайниками стволов и ветвей деревьев, камней, стен домов и т.п., и по **табл. 1** определяется степень загрязнения воздуха.

Таблица 1 - Лихеноиндикация степени загрязнения воздуха

Зона	Загрязнение	Наличие (+) или отсутствие (-) лишайников		
		кустистые	листоватые	накипные
1	Нет	+	+	+
2	Слабое	-	+	-
3	Среднее	-	-	+
4	Сильное (лишайниковая пустыня)	-	-	-

Еще одним способом реализации лихеноиндикации является картирование лишайников (по видовому многообразию). Для этого составляется карта обследуемой территории, с обозначением на ней строений, автомобильных и железнодорожных коммуникаций, зеленых насаждений и т.п. Исследование территории проводится по квадратам выбранного размера, нанесенным на карту, причем мелкая разбивка дает более точные результаты. Критерием служит видовое многообразие лишайников (N), определяемое фактом наличия - отсутствия видов. Полученные цифровые данные наносятся поквратно на карту. Самые большие значения N (видовое разнообразие лишайников) соответствуют наиболее чистым зонам территории; уменьшение N свидетельствует о присутствии загрязнения; N=0 (лишайниковая пустыня) - показатель сильного загрязнения.

Картирование можно осуществить, используя и другие критерии, например по форме слоевища, степени его разрушения и т.п.

Биоиндикация загрязнения атмосферы по состоянию хвои сосны.

При обследовании повреждений хвои основными параметрами являются прирост побегов, темные верхушечные некрозы хвои, продолжительность жизни хвои сосны. Обследования можно проводить круглогодично.

По карте анализируемого района намечаются точки обследования, при этом чем выше антропогенная нагрузка, тем ближе друг к другу они должны быть расположены (1,5 – 3 км). В малозагрязненной местности точки обследования могут быть удалены друг от друга на расстояние до 10 – 15 км. Работа планируется так, чтобы все изучение намеченной территории провести в течение 2 – 4 дней.

В точке обследования находят молодые сосны, произрастающие на открытом месте (поляне, опушке леса, просеке, вырубке). Из них выбираются 5 молодых деревьев высотой 1,5 м, стоящих друг от друга на расстоянии 10-20 м. Если все деревья очень высокие, то обследование проводится с использованием одного из боковых побегов четвертой сверху мутовки.

Определение класса повреждения и усыхания хвои. Некрозы обычно

появляются весной, сразу после образования хвои, а затем увеличиваются незначительно. Некротические реакции у деревьев, находящихся на продуваемых местах, выражены сильнее, чем в случае густого насаждения.

Объектом обследования является верхушечная часть ствола. Внимательно осматривается хвоя (рис. 1) участка центрального побега (второго сверху) предыдущего года и по шкале определяется класс повреждения и усыхания (табл. 2) (следует иметь в виду, что шипик на конце хвои всегда более светлый, поэтому его окраска не должна влиять на оценку степени повреждений).

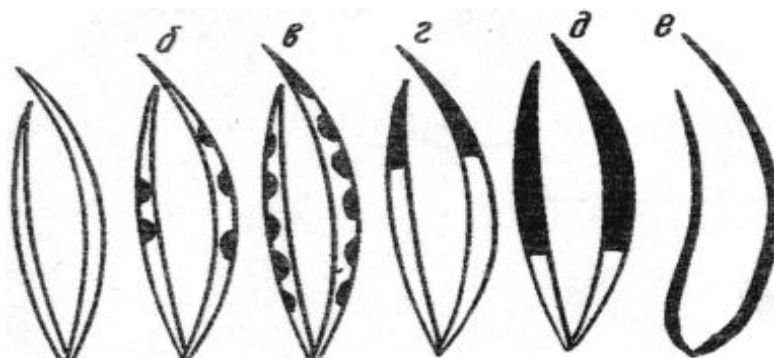


Рис. 1. Виды повреждения и усыхания хвои:

- а - хвоя без пятен (КП1), нет сухих участков (КУ1);
 - б - хвоя с небольшим числом мелких пятен (КП2), нет сухих участков (КУ1);
 - в - хвоя с большим числом черных и желтых пятен (КП3), усох кончик 2-5 мм (КУ2);
 - г - усохла треть хвои (КУ3);
 - д - усохло более половины длины хвои (КУ4);
 - е - вся хвоя желтая и сухая (КУ4);
- КП — класс повреждения (некрозы); КУ — класс усыхания хвои

Таблица 2 - Определение класса повреждения и усыхания хвои

Класс	Вид повреждения и усыхания хвои					
	а	б	в	г	д	е
Повреждения хвои (некрозы)	1	2	3	-	-	-
Усыхание хвои	1	1	2	3	4	4

Определение продолжительности жизни хвои. Продолжительность жизни хвои оценивается при обследовании верхушечной части ствола за последние годы: каждая мутовка, считая сверху, — это год жизни. Определяется сколько лет сохраняется хвоя (максимальный возраст хвои), причем если на самом нижнем из охвоённых участков часть хвои опала, то оценивается примерная доля сохранившейся. Таким образом, полный возраст хвои определяется числом участков ствола с полностью сохраненной хвоей плюс доля сохраненной хвои на следующем за ним участке. Например, если верхушечная часть и два участка между мутовками полностью сохранили хвою, а на следующем участке сохранилась ее половина, то показатель продолжительности жизни хвои $3 + \frac{1}{2} = 3 \frac{1}{2}$.

Экспресс-оценка загрязнения воздуха. Определив класс повреждения и продолжительность жизни хвои, можно оценить класс загрязненности

воздуха по табл. 3.

Таблица 3 - Определение класса загрязненности воздуха

Максимальный возраст хвои, лет	Класс повреждения хвои на побегах 2-го года жизни		
	1	2	3
4	I	I – II	III
3	I	II	III – IV
2	II	III	IV
2	-	IV	IV – V
1	-	IV	V – VI
1	-	-	VI

Примечание. I - идеально чистый воздух; II - чистый; III - относительно чистый ("норма"); IV - заметно загрязненный ("тревога"); V - грязный ("опасно"); VI - очень грязный ("вредно"); "-" - невозможное сочетание.

Биоиндикация загрязнения водоемов по состоянию популяций водных растений семейства рясковых

Водные растения, относящиеся к семейству рясковых используются в качестве биоиндикаторов, так как они широко распространены и обладают высокой чувствительностью к загрязнению водной среды. Все рясковые плавают на поверхности или слегка погружены в воду. Отдельные растения представляют собой зеленую округлую пластину (щиток) размером 1—10 мм с дочерними щитками ("детками"), прикрепленными по бокам материнского щитка. Вырастая, «детки» отделяются и превращаются во взрослые растения, благодаря чему ряски быстро заполняют поверхность водоема.

По карте обследуемого района намечают точки сбора материала, причем, чем сильнее загрязнение, тем ближе друг к другу (0,5 – 1,0 км) они должны быть расположены. На мало загрязненных участках точки сбора могут быть удалены на расстояние 2 – 3 км друг от друга.

Обследование водоема проводится в течение 2-4 дней. Наиболее показательным периодом является первая декада июня, дополнительную работу можно повторить в середине июля или в конце августа – начале сентября.

Сбор проводится в бухточке или заливе со спокойным, замедленным течением. Ведром с поверхности приблизительно 0,5 м² собирается ряска. Растения (с помощью шумовки) переносятся в сосуд или полиэтиленовый пакет, содержащий необходимое количество воды из водоема.

Разбор пробы. Проба (или ее часть), содержащая примерно 150-200 растений разделяется по видам (рис. 2).

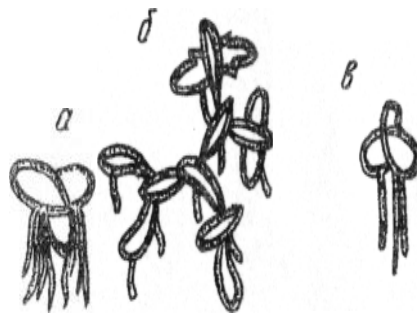


Рис. 2. Общий вид водных растений семейства рясковых:

а - многокоренник обыкновенный; б - ряска тройчатая; в - ряска горбатая.

После разбора пробы по видам производится подсчет:

а) числа растений (особей) каждого вида (одно растение - материнский щиток с прикрепленными к нему "детками", если они есть);

б) общего числа щитков (суммарное количество материнских щитков и "деток") каждого вида;

в) числа щитков с повреждениями (черные и бурые пятна - некроз, пожелтение – хлороз; количество и размер пятен не учитываются).

Экспресс-оценка качества воды. При экспресс-оценке используется самый массовый вид растений (обычно ряска малая). Определение качества воды проводится по табл. 4.

Таблица 4 - Определение класса качества воды

Щитки с повреждениями, %	Отношение щитков к особям				
	0,1	1,3	1,7	2	2
0	1-2	2	3	3	3
10	3	3	3	3	3
20	3	4	3	3	3
30	4	4	3	3	3
40	4	4	4	3	3
50	4	4	4	3	-
50	4	4	4	-	-
50	5	5	-	-	-

Примечание. Первая колонка соответствует тем случаям, когда в целой пробе не удалось набрать 30 экземпляров даже наиболее массового вида.

Условные обозначения: 1 — очень чистая вода; 2 — чистая; 3 – умеренно загрязненная; 4 — загрязненная; 5 – грязная; "- " – комбинация, встречаемость которой исключается.

Беспозвоночные животные — биоиндикаторы загрязнения малых рек.

Проблема загрязнения малых рек – одна из наиболее острых в кризисной экологической ситуации большинства густонаселенных регионов Беларуси. Вода малых рек все чаще оказывается непригодной не только для питья, но и для хозяйственных нужд. Неочищенные сбросы промышленных предприятий, отходы животноводческих ферм, коммунально-бытовые стоки городов и поселков – далеко не полный перечень источников загрязнения вод малых рек.

Качество вод в естественных водоемах Беларуси оценивается в настоящее

время по результатам химического, бактериологического и биологического анализов. Для их выполнения требуется сложное оборудование, длительное время и высокая квалификация сотрудников.

В последние десятилетия осуществляется большой объем исследований влияния стрессоров на жизненные функции и выживаемость водных организмов. Предложен целый ряд методических разработок по использованию живых индикаторов для контроля качества воды.

Среди них для биоиндикации были выбраны наиболее характерные таксоны, т.е. конкретные представители беспозвоночных, наличие которых в донных отложениях отчетливо характеризует уровень загрязнения воды. В качестве индикаторных групп выступают как отдельные виды, так и таксоны более высокого ранга: роды, семейства, отряды, классы, типы, а также экологические группы (разные таксоны объединяемые в одну группу по сходству экологии и биологии входящих в нее видов).

Многие индикаторные организмы представлены насекомыми, находящимися в личиночной стадии. Поэтому для обследования рек следует выбирать периоды либо до вылета насекомых, либо после вылета, т.е. весну или начало осени.

Отбор и обработка проб для биологического анализа. Количество участков реки, выбираемых для исследования, определяется целями работы. Для проведения анализа качества воды на всем протяжении водотока, места отбора проб выбираются через равные интервалы от истока до устья. Если исследуется влияние конкретного источника загрязнения, то качество воды может определяться на небольшом числе участков ниже и выше по течению от него.

При выборе участков отбора проб следует учитывать ряд условий. На них не должно быть мелководий с густой водной растительностью, а также мест с застойной водой. И в том, и в другом случае донное население может значительно отличаться от такового на участках реки с нормальной скоростью течения воды.

Пробы грунта с обитающими в нем донными организмами отбирают с помощью специальных ловушек: закидной драги и сачкового скребка.

После каждого наполнения ловушек донным материалом пробы промываются непосредственно в этих же ловушках и помещаются в эмалированные емкости с крышками.

Отбор организмов из промытого грунта обычно ведется на месте отбора проб. При этом небольшая порция грунта переносится в кювету с водой и с помощью пинцета животные перекладываются в баночки с 40%-ным раствором формалина. На баночки наклеиваются этикетки. Допускается разбор проб и в лаборатории.

Определение класса качества речной воды. Определение уровня загрязнения воды по методу С.Г. Николаева производится с помощью шкалы (табл. 5), которая устанавливает 6 классов качества. Для каждого из них в ходе многолетних наблюдений были найдены свои индикаторные таксоны, которые в водах других классов встречаются лишь изредка.

их названия записываются в рабочую табл. 6 в строгом соответствии с их положением в классах шкалы качества воды. Организмы, не входящие к индикаторным таксонам, не учитываются.

Таблица 6 - Рабочая таблица определения качества воды

Класс качества воды	Обнаруженные индикаторные организмы	Условная значимость таксонов пределах класса, единицы	Количество обнаруженных таксонов	Суммарная значимость обнаруженных таксонов, единицы
1-й				
2-й				
3-й				
4-й				
5-й				

После внесения в табл. 6 всех обнаруженных в пробах индикаторных таксонов в каждом разделе (классе) второй графы подсчитывается число таксонов и умножается на величину условной значимости данной группы таксонов (графа 2). Найденная суммарная значимость таксонов заносится в графу 5 в раздел соответствующего класса. Класс качества воды на обследованном участке определяется по максимальной классовой значимости одной из групп таксонов.

Помимо рассмотренной выше, существуют и другие методики оценки степени загрязнения водоема (биоиндикация) по составу водных беспозвоночных. Одна из таких методик предусматривает классификацию биологического анализа качества воды в естественном водоеме по трем группам таксонов крупных беспозвоночных (табл. 7).

Таблица 7 - Классификация таксонов крупных организмов по отношению к чистоте воды

Таксоны 1-й группы	Таксоны 2-й группы	Таксоны 3-й группы
Личинки поденок	Личинки комара-долгоножки	Личинки комара-звонца (мотыль)
Личинки (нимфы) веснянок	Личинки стрекоз	Моллюски-прудовики
Личинки вислокрылок	Речные раки	Пиявки
Личинки ручейников	Бокоплавы	Водяные ослики
Двустворчатые моллюски	Моллюски (катушки и лужанки)	Личинки мошки
		Олигохеты

Группа 1. Эти организмы погибают в грязной воде. Преобладание их — признак очень чистой воды.

Группа 2. Эти организмы могут существовать в воде различной степени загрязненности.

Группа 3. Эти организмы выживают даже в очень грязной воде. Преобладание их - признак повышенного загрязнения воды (рис. 3).

По количеству индикаторных таксонов и численности особей каждого из них в пробах можно определить, относится ли вода обследованного участка к загрязненной, малозагрязненной или чистой.

Группа 1. Эти организмы погибают в грязной воде.

Преобладание их – признак очень чистой воды



личинки ручейников



личинки веснянок



Личинки поденок



двустворчатые моллюски



личинки веслокрылок

Группа 2. Эти организмы могут существовать в воде различной степени загрязненности



катушки



личинки стрекоз



лужанки



бокоплав



личинки мошки

Группа 3. Эти организмы выживают даже в очень грязной воде.
Преобладание их – признак загрязненной воды



личинки слепней



личинки комаров – звонцов



пиявки



прудовики



олигохеты



водяной ослик

Рис. 3 Таксономические группы беспозвоночных, помогающие определить степень загрязнения воды

Определение интенсивности выделения углекислого газа почвой как биотест на плотность ее заселения живыми организмами

Экологически чистая почва густо населена живыми организмами. Все они дышат, поглощая кислород и выделяя углекислый газ. Простейшие содержатся в количестве более миллиона экземпляров в 1 г почвы. Насекомые и их личинки исчисляются тысячами экземпляров на 1 м², ногохвостки и клещи – десятками тысяч, нематоды – миллионами. Число позвоночных в некоторых почвах достигает нескольких тысяч на 1 га. Поэтому в почвенном воздухе кислорода содержится обычно меньше, чем в атмосферном, а углекислого газа — больше (табл. 8).

Таблица 8 - Состав атмосферного и почвенного воздуха.

Воздух	Содержание O ₂ , %	Содержание CO ₂ , %
Атмосферный	21	0,034
Почвенный	11 – 21	0,034 – 8,0

Чем гуще заселена почва, тем больше происходит выделения углекислого газа. Таким образом почвенные организмы в данном случае выступают в роли биоиндикаторов почвенной среды. Количественным показателем биоиндикации служит скорость выделения организмами углекислого газа, определяемая по его массе с 1 га в 1 ч. Чем больше эта скорость, тем биологически активней и благополучней почва.

В условиях хорошей воздухопроницаемости выделение углекислого газа в летний период может достигать 7,5 кг/га в 1 ч, в донных отложениях чистого водоема — 2,02 кг/га в 1 ч, а в очень загрязненных промышленными отходами — всего 0,0096 кг/га в 1 ч.

Чтобы оценить уровень биологической активности почвы, нужно непосредственно измерить количество углекислого газа, которое выделяет почва или какой-либо другой субстрат, например донные отложения.

Принцип такого измерения состоит в том, что небольшой участок поверхности почвы изолируется от окружающего воздуха сосудом, внутрь которого помещается чашка с раствором щелочи, поглощающей углекислый газ. Через определенный промежуток времени сосуд-изолятор снимается и щелочь из чашки оттитровывается кислотой.

В исследованиях, где требуется высокая точность, учитывается исходное количество углекислого газа, находящееся в атмосферном воздухе под колпаком-изолятором. Следует отметить, что количество углекислого газа невелико и полученной поправкой можно пренебречь.

Изучение степени запыленности воздуха

Для выполнения задания по изучению запыленности воздуха в исследуемой местности необходим контрольный пункт. Им может служить город, конкретно листва деревьев вдоль главной улицы, или листва деревьев

вдоль дороги, проходящей через лес, который выбирается в качестве объекта исследования. Для сравнения берется листва деревьев на определенном расстоянии от дороги, таких точек должно быть не менее трех. Маршрут наносится на план-схему местности.

В выбранных местах необходимо собрать листья растений и приложить к ним прозрачную клеящуюся пленку. Затем пленку снять и той стороной, где отпечатались контур листа вместе со слоем пыли прикрепить к белой бумаге. Сравните степень запыленности листьев деревьев из разных мест. Сделайте вывод о причинах наблюдаемого явления.

Определение загрязнения воздуха микроорганизмами

Для определения загрязнения воздуха микроорганизмами необходимо предварительно подготовить чашки Петри с питательной средой.

Перед экскурсией в лес выявите состав микроорганизмов в воздухе помещения. Для этого открытые чашки Петри с питательной средой оставьте в комнате на 20-30 мин. Затем их закройте и поместите в специально отведенное место при комнатной температуре. Пометьте их буквой К (контроль).

В этот же день возьмите в чашки Петри пробы воздуха в нетронутой части леса и там, где ярко выражены следы деятельности человека. После экскурсии чашки Петри поставьте рядом с предыдущими, не забудьте пометить их буквой О (опыт).

Через 2-3 дня в чашках появятся колонии. Рассмотрите их и зарисуйте в дневнике согласно приведенному ниже пояснению к заданиям.

Для определения степени загрязнения воздуха микроорганизмами подсчитайте в чашках Петри количество колоний разных микроорганизмов, стараясь учесть даже мелкие колонии. Полученное число колоний разделите на время выдержки в минутах и умножьте на 7644 (коэффициент пересчета площади чашки Петри на 1 м²).

2. Метод сорбционных лизиметров в экологических исследованиях.

Лизиметрический метод нашел широкое применение в почвенно-агрохимических, мелиоративных, экологических и гидрологических исследованиях. Особенно эффективно его сочетание с методом радиоактивных индикаторов. Подобный подход позволяет количественно оценить пространственное перераспределение в почвенном профиле водорастворимых соединений (продуктов почвообразования, токсикантов и др.) и установить их качественный состав.

Своеобразие свободных почвенных растворов (лизиметрических вод) обусловлено не только спецификой компонентного состава водорастворимых органических веществ (ВОВ) и их свойствами, но и особенностями самого растворителя.

После контакта атмосферных осадков с древесным и наземным покрывами происходит радикальное изменение состава воды (она существенно обогащается компонентами ВОВ и различными группами микроорганизмов) и ее свойств (поверхностно-активные вещества, имеющиеся в молекулярных

структурах ВОВ, заметно уменьшают величину поверхностного натяжения растворителя, способствуя лучшей смачиваемости гидрофобных гумусовых и минеральных соединений почвы).

В то же время вода и растворенные в ней компоненты ВОВ (особенно продукты кислотной природы) в значительной мере определяют процессы мобилизации и трансформации веществ, содержание и формы миграции не только типоморфных веществ, но и тяжелых металлов и радионуклидов.

По целевому назначению лизиметры классифицируются на почвенно-агрохимические и гидрологические.

Почвенно-агрохимические представляют собой:

- лизиметры как долговременные стационарные сооружения инженерного типа,
- насыпные лизиметры переносного типа,
- лизиметрические воронки, цилиндры или плоские лизиметры.

Гидрологические лизиметры имеют обычно цилиндрическую форму, высотой от 1 до 3-5 м. Рабочая площадь лизиметров (испаряющая поверхность) составляет не менее 0,3 м², диаметр около 60 см. Нижние 20-30 см заполняются дренажом – песчано-гравийной засыпкой, которую вначале заливают водой. В оставшийся объем вносят почву (нарушенного или ненарушенного сложения). Между почвой и дренажом помещают обратный фильтр. Все гидрологические лизиметры снабжены водомерными устройствами.

Основные положения, определяющие сущность метода сорбционных лизиметров:

Конструктивные особенности используемых сорбционных лизиметров

Сорбенты, применяемые при решении конкретных экспериментальных задач

Схема и методы фракционирования компонентов ВОВ или металлоорганических комплексов, поглощенных сорбентами

Идентификация органических веществ в растворах соответствующими методами

Определение масштаба миграции веществ, коэффициентов мобилизации и миграции.

Форма и устройство сорбционных колонок не имеют решающего значения. Решающим фактором является природа используемого сорбента.

Сорбент, используемый в сорбционных лизиметрах должен удовлетворять следующим требованиям:

обратимо сорбировать большие количества исследуемых веществ (то есть быть емким),

не вступать в химические взаимодействия с растворителем и сорбируемыми веществами,

обладать устойчивостью к почвенной среде и способностью возможно легкой регенерации,

обеспечивать достаточную скорость фильтрации раствора (не менее 0,5 мл/мин).

Определяющими факторами, от которых зависит величина сорбции веществ, являются: рН раствора, концентрация в нем веществ, размеры колонки, объем проходящего раствора, скорость фильтрации.

Наиболее часто применяемые сорбенты это окись алюминия безводная (Al_2O_3), активированный уголь, органические синтетические ионообменные смолы.

3. Химические и физические методы мониторинга воздуха, почвы, водных объектов, загрязнения продуктов питания.

Экологический мониторинг — комплексная система наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния биосферы под влиянием естественных и антропогенных факторов.

Измерение и нормирование качества окружающей среды обычно проводят по природным средам — атмосферному воздуху, воде, почве. Также измеряют качество питьевой воды и продуктов питания и различные экологические факторы (радиационные, интенсивность шума, освещенность и т.д.).

Экологическое нормирование предполагает учет допустимой нагрузки на экосистему. Допустимой считается такая нагрузка, под воздействием которой отклонение от нормального состояния системы не превышает естественных изменений и, следовательно, не вызывает нежелательных последствий у живых организмов и не ведет к ухудшению качества среды.

Установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) более чем 1000 химических веществ в воде, более 200 — в атмосферном воздухе, более 30 — в почве. Регламентируется также загрязнение продуктов питания человека. Разработаны нормативы для физических факторов воздействия -- шума, вибрации, магнитного и электромагнитного излучения, радиационного воздействия, теплового загрязнения и биологического загрязнения патогенной микрофлорой.

Под качеством атмосферного воздуха понимают совокупность свойств атмосферы, определяющую степень воздействия физических, химических и биологических факторов на людей, растительный и животный мир, а также на материалы, конструкции и окружающую среду в целом (ГОСТ 17.2.1.03-84). Нормативами качества воздуха определены допустимые пределы содержания вредных веществ как в производственной, так и в селитебной (предназначенной для размещения жилого фонда, общественных зданий и сооружений) зонах.

Питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства (СанПиН 2.1.4.559—96). Под качеством воды в целом понимается характеристика ее состава и свойств, определяющая ее пригодность для конкретных видов водопользования (ГОСТ 17.1.1.01-77). При определении качества природных вод обычно учитывают следующие показатели: температуру, количество взвешенных частиц, мутность, цветность, прозрачность, кислотность, щелочность, жесткость,

электропроводность, концентрацию кислорода, окисляемость, биохимическое потребление кислорода, содержание различных веществ, коли-индекс (число бактерий группы кишечных палочек в единице объема).

Для определения качества почвы используется предельно допустимая концентрация веществ в пахотном слое почвы (ПДКП), которая не должна оказывать прямого или косвенного отрицательного влияния на соприкасающиеся с почвой среды и на здоровье человека, а также на самоочищающуюся способность почвы.

Предельно допустимая концентрация (допустимое остаточное количество) вредного вещества в продуктах питания (ПДКпр) — концентрация вредного вещества в продуктах питания, которая в течение неограниченно продолжительного времени (при ежедневном воздействии) не вызывает заболеваний или отклонений в состоянии здоровья человека. При разработке нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в продуктах питания учитываются материалы по токсикологии и гигиеническому нормированию данных веществ в различных объектах природной среды (в воздухе, воде, почве), а также информация о естественном содержании различных химических элементов в пищевых продуктах.

Для определения содержания различных веществ в природных средах широко используются **химические методы** — это совокупность методов качественных и количественных анализов веществ, основанных на применении химических реакций.

Качественные химические методы анализа включают использование реакций обнаружения, характерных для неорганических ионов в растворах и для функциональных групп органических соединений. Эти реакции обычно сопровождаются изменением окраски раствора, образованием осадков или выделением газообразных продуктов.

К количественным химическим методам анализа обычно относят "классические" методы: гравиметрию, титриметрию с визуальной индикацией конечной точки титрования, седиментационный анализ и газовольюметрию. Газовольюметрия (газовый объёмный анализ) основана на избирательной абсорбции составных частей газовой смеси в сосудах, заполненных тем или иным поглотителем, с последующим измерением уменьшения объёма газа с помощью бюретки. Так, диоксид углерода поглощают раствором гидроксида калия, кислород — раствором пирогаллола, монооксид углерода — аммиачным раствором хлорида меди. Газовольюметрия относится к экспрессным методам анализа. Она широко используется для определения карбонатов в горных породах и минералах.

Химические методы анализа широко используют для анализа руд, горных пород, минералов и других материалов при определении в них компонентов с содержанием от десятых долей до нескольких десятков процента. Химические методы анализа характеризуются высокой точностью (погрешность анализа обычно составляет десятые доли процента). Однако

эти методы постепенно вытесняются более экспрессными физико-химическими и физическими методами анализа.

Гравиметрический анализ (весовой анализ, гравиметрия) - количественный аналитический метод, основанный на точном измерении массы определяемого вещества или его составных частей, выделяемых в химически чистом состоянии или в виде соединений точно известного постоянного состава. Впервые гравиметрический анализ разработал шведский химик Т. У. Бергман. В основе метода лежит закон сохранения массы веществ при химических превращениях.

Для качественного анализа используют не только химические, но и физические и физико-химические методы, например, люминесценцию (многие вещества светятся при УФ-облучении) или фотометрию пламени (летучие соединения ионов щелочных и щелочно-земельных металлов придают пламени горелки характерную окраску).

Для получения правильных результатов необходимы реакции, выполнению которых не мешают другие присутствующие ионы. Для этого нужны специфические (взаимодействующие только с определяемым ионом) или хотя биселективные (избирательные) реагенты.

Примером реакции с участием специфического реагента является выделение газообразного NH_3 при действии сильных оснований (KOH или NaOH) на вещество, содержащее ион NH_4 . Ни один катион не помешает обнаружению иона NH_4 , потому что только он реагирует со щелочами с выделением NH_3 . Диметилглиоксим (реагент Чугаева) служит примером селективного реагента: в щелочной среде он реагирует с ионами Ni^{2+} , Co^{2+} , Fe^{2+} , а в кислой – только с ионами Pd^{2+} .

Физико-химические методы анализа основаны на зависимости физических свойств вещества от его природы, причем аналитический сигнал представляет собой величину физического свойства, функционально связанную с концентрацией или массой определяемого компонента. Физико-химические методы анализа могут включать химические превращения определяемого соединения, растворение образца, концентрирование анализируемого компонента, маскирование мешающих веществ и др. В отличие от "классических" химических методов анализа, где аналитическим сигналом служит масса вещества или его объем, в физико-химических методах анализа в качестве аналитического сигнала используют интенсивность излучения, силу тока, электропроводность, разность потенциалов и др.

Важное практическое значение имеют методы, основанные на исследовании испускания и поглощения электромагнитного излучения в различных областях спектра. К ним относится спектроскопия (например, люминесцентный анализ, спектральный анализ), нефелометрия, турбидиметрия и др. К важным физико-химическим методам анализа принадлежат электрохимические методы, использующие измерение электрических свойств вещества (вольтамперометрия, кондуктометрия, кулонометрия, потенциометрия и т. д.), а также хроматография (например,

газовая хроматография, жидкостная хроматография, ионообменная хроматография, тонкослойная хроматография). Успешно развиваются методы, основанные на измерении скоростей хим. реакций (кинетические методы анализа), тепловых эффектов реакций (калориметрия), а также на разделении ионов в магнитном поле (масс-спектрометрия).

Почти во всех физико-химических методах анализа применяют два основных приема: методы прямых измерений и титрования. В прямых методах используют зависимость аналитического сигнала от природы анализируемого вещества и его концентрации. Зависимость сигнала от природы вещества - основа качественного анализа. В некоторых методах связь аналитического сигнала с природой вещества установлена строго теоретически.

К методам количественного анализа с помощью физико-химических измерений относят:

1) Метод градуировочного графика. Измеряют интенсивность аналитического сигнала у нескольких стандартных образцов или стандартных растворов и строят градуировочный график в координатах $I = f(c)$ или $I = f(lgc)$, где c - концентрация компонента в стандартном растворе или стандартном образце. В тех же условиях измеряют интенсивность сигнала у анализируемой пробы и по градуировочному графику находят концентрацию.

2) Метод молярного свойства применяют в тех случаях, когда уравнение связи $I = bc$ соблюдается достаточно строго. Измеряют аналитический сигнал у нескольких стандартных образцов или растворов и рассчитывают $b = I_{ст}/c_{ст}$; если $c_{ст}$ измеряется в моль/л, то b - молярное свойство. В тех же условиях измеряют интенсивность сигнала у анализируемой пробы I_x и по соотношению $c_x = I_x/b$ или $c_x = c_{ст}I_x/I_{ст}$ рассчитывают концентрацию.

3) Метод добавок. Измеряют интенсивность аналитического сигнала пробы I_x , а затем интенсивность сигнала пробы с известной добавкой стандартного р-ра $I_{x+ст}$. Концентрацию вещества в пробе рассчитывают по соотношению $c_x = c_{ст}I_x/(I_{x+ст} - I_x)$.

Методы титрования позволяют измерить интенсивность аналитического сигнала I в зависимости от объема V добавленного титранта. По кривой титрования $I=f(V)$ находят точку эквивалентности и рассчитывают результат по обычным формулам титриметрического анализа.

Физико-химические методы анализа часто используют при определении низких содержаний (порядка 10^{-3} % и менее), где классические химические методы анализа обычно неприменимы. В области средних и высоких концентраций химические и физико-химические методы анализа успешно конкурируют между собой, взаимно дополняя друг друга.

Физические методы анализа - совокупность методов качественного и количественного анализа веществ, основанных на измерении физических характеристик, обуславливающих химическую индивидуальность

определяемых компонентов. Физические методы анализа подразделяют на три группы: спектроскопические, ядерно-физические и радиохимические.

Из спектроскопических методов наиболее распространён атомно-эмиссионный анализ. Атомы или ионы, возбуждённые дуговым, искровым разрядом, высокочастотной или индукционной плазмой, испускают световую энергию. Каждый элемент характеризуется своим набором спектральных линий. Интенсивность излучения данного элемента определяется его концентрацией в анализируемой пробе. Характерной особенностью атомно-эмиссионного анализа является возможность одновременного определения нескольких элементов. Абсолютный предел обнаружения некоторых элементов достигает 10 г.

Широко распространён атомно-абсорбционный анализ, основанный на измерении поглощения света свободными атомами элементов.

В основе атомно-флуоресцентного анализа лежит спонтанный переход атомов, возбуждённых световым потоком, в исходное состояние, сопровождаемый флуоресценцией.

В рентгеноспектральных методах пробу облучают потоком электронов и по величине возникающего при этом рентгеновского излучения судят о содержании определяемого вещества в пробе. В другом варианте метода пробу облучают не электронами, а рентгеновскими лучами и определяют интенсивность вторичного излучения (рентгенофлуоресцентный анализ). Рентгеновские методы пригодны для локального анализа (фокусируют пучок электронов) без разрушения анализируемого образца. Масс-спектрометрические методы основаны на разном отклонении в магнитном поле различных по массе ионов, которые получают ионизацией исследуемого вещества, например в искре. Эти методы часто применяют для определения примесей в материалах. Метод позволяет одновременно определять до 70 химических элементов примесей в твёрдых веществах. Абсолютный предел обнаружения элементов достигает 10^{-15} г.

Из ядерно-физических методов наиболее важное значение имеет радиоактивационный анализ, в котором вещество облучают нейтронами, гамма-квантами или заряженными частицами. При взаимодействии облучающих частиц с ядрами атомов элементов в веществе в результате ядерных реакций образуются радиоактивные "дочерние" элементы или изотопы. По величине их радиоактивности судят о количестве определяемого элемента в пробе.

К радиохимическим методам относится метод изотопного разбавления. К анализируемому образцу прибавляют радиоактивный изотоп определяемого элемента и после установления химического равновесия выделяют каким-либо способом определенную часть данного элемента. Измеряют радиоактивность этой выделенной части и по её значению рассчитывают содержание элемента в пробе.

Физические методы анализа характеризуются высокой производительностью, низкими пределами обнаружения элементов, объективностью результатов анализа, высоким уровнем автоматизации. Их

используют при анализе горных пород и минералов. Например, атомно-эмиссионным методом определяют вольфрам в гранитах и сланцах, сурьму, олово и свинец в горных породах и фосфатах; атомно-абсорбционным методом - магний и кремний в силикатах; рентгенофлуоресцентным - ванадий в ильмените, магнезите, глинозёме; масс-спектрометрическим - марганец в лунном реголите; нейтронно-активационным - железо, цинк, сурьму, серебро, кобальт, селен и скандий в нефти; методом изотопного разбавления - кобальт в силикатных породах.

Физические факторы окружающей среды контролируются при мониторинге шумового, электромагнитного, радиационного загрязнения окружающей среды.

Шумом называют звуковые колебания, выходящие за рамки звукового комфорта человека. Различают неупорядоченные звуковые колебания и упорядоченные (мешают восприятию нужных звуков). Человек воспринимает звук в пределах от 16 до 20 тыс. герц (Гц), ниже – инфразвук, выше – ультразвук. К основным характеристикам шума относят звуковое давление (P), интенсивность (I), уровень шума (L), мощность источника (W). При помощи шумомера шум измеряется в белах или десятой части – децибелах (дБ). Основными источниками шума являются все виды транспорта, промышленные предприятия, бытовое оборудование. Уровень шума электропилы достигает 120 дБ, электробритвы – 75-80 дБ, дыхания – 25-30 дБ, шепота – 8-10 дБ. Вредное воздействие шума на организм человека выражается в нарушении работы сердечно-сосудистой и нервной систем, снижении работоспособности и производительности труда.

Электромагнитное загрязнение среды возникает в результате изменения электромагнитных свойств, приводящих к нарушениям работы электронных систем и изменениям на клеточном и молекулярном уровнях живых организмов. Электромагнитное поле характеризуется напряженностью электрического (E, В/м) и магнитного полей (H, А/м). Источниками электромагнитного поля являются радио- и телепередающие устройства, бытовые приборы, высоковольтные линии электропередач. Нормативы напряженности по данным Всемирной организации здравоохранения для электрического поля составляют $5 \cdot 10^3$ В/м, для магнитного поля – 80 А/м.

В Республике Беларусь создана и функционирует система радиационного мониторинга, вошедшая в национальную систему мониторинга окружающей среды Республики Беларусь. В ее состав входит широкая сеть пунктов наблюдений и аккредитованных лабораторий. Основные объекты мониторинга – атмосферный воздух, почва, поверхностные и подземные воды. Контролируемые параметры – мощность дозы гамма-излучения, запас радионуклидов в почве, удельная активность объектов мониторинга. Для проведения радиометрических измерений применяют дозиметры, радиометры.

Система нормирования в области радиационной безопасности строится на понятии дозовой нагрузки. Закон «О радиационной безопасности населения»

устанавливает допустимую годовую дозовую нагрузку для населения не более 0,001 Зв (0,1 рентгена), допустимая доза за 70 лет жизни — 0,07 Зв (7 рентген). В отдельные годы допустимая доза может быть превышена, но при условии, что средняя годовая доза за 5 лет подряд не превысит те же 0,001 Зв.

Облучение, создаваемое внутри зданий радиоактивными примесями, которые могут содержаться в строительных материалах, оценивается таким образом: уровень радиации внутри жилого дома может быть выше, чем снаружи, не более чем на 30 мкР/ч. Если он превышает наружный уровень на 60 мкР/ч или больше, жильцы должны быть переселены, а здание не следует использовать как жилое.

Содержание радона в воздухе внутри вновь строящихся домов должно быть не более 100 Бк на 1 м³, в уже заселенных домах - не более 200, а если его содержание превышает 400 Бк на 1 м³, то жильцы должны быть переселены.

4. Картографический метод исследований.

Первые опыты использования карт для научного исследования относятся к рубежу 18-19 вв. Они были связаны с анализом новых физико-географических карт мира. Ученые впервые стали уделять внимание изучению пространственного положения материков, океанов, вычислению их форм, средних высот и глубин, закономерностям распределения горных систем и т. п. Картографический метод исследования способствовал открытию фундаментального закона географической зональности. Вначале А. Гумбольдт открыл климатические и растительные зоны Земного шара, а затем В. В. Докучаев с помощью карт доказал наличие зональности географической среды в целом. Обнаруженное А. Вегенером на картах поразительное сходство очертаний восточного берега Южной Америки и атлантического побережья Африки положило начало теории дрейфа континентов, которая и до сего времени немало доказательств черпает в анализе карт.

Главное условие и предпосылка развития картографического метода исследования - наличие карт высокого качества, подробных, точных и, главное, составленных на строго научной основе. Создание таких карт явилось итогом развития всей русской и советской картографической школы. Успехи в области топографического и особенно тематического картографирования, создание карт новых типов, серий карт, комплексных научно-справочных атласов в совокупности стали основой для развития картографического метода исследования.

Другой предпосылкой служит разработка технических приемов анализа карт. Исторически сложилось так, что наибольшее развитие получили картометрические и морфометрические приемы, т. е. измерения по картам высот, глубин, длин, площадей и форм.

Принципиальная возможность использования карты в качестве средства исследования заложена в том, что она является моделью

действительности. Моделями географической действительности служат географические описания, теории и гипотезы, карты, аэро- и космические снимки, таблицы, профили и диаграммы, математические и логические формулы, уравнения и символы.

Рассмотрим особенности и свойства картографической модели:

1. Абстрактность. Картографическая модель представляет собой научную абстракцию, полученную в итоге формализации и генерализации изображаемого явления.

Часто основные достоинства карты видят в том, что она служит удобным средством систематизации накопленного полевого или лабораторного материала, протоколом наблюдения. Это верно лишь отчасти, и не в этом главное. Важнее другое — абстрактность генерализованной картографической модели, которая обладает преимуществами, незаменимыми при исследовании. Обращаясь к карте, географ имеет дело не просто с разрозненными или систематизированными фактическими данными, а с целостным географическим образом, с системой понятий, возникших в процессе картографирования и зафиксированных на самой карте и в ее легенде.

2. Избирательность. Суть этого свойства состоит в том, что картографическая модель способна отдельно изображать те факторы, явления и процессы, которые в реальной действительности действуют совместно. Вообще говоря, любая карта показывает явления избирательно, ибо не существует карт, характеризующих всю природу в целом, но в наибольшей степени этим свойством обладают карты аналитические. С помощью серии таких карт можно расчленить взаимосвязи, «разложить по полочкам» и подвергнуть анализу самые сложные явления.

3. Синтетичность картографической модели, напротив, обеспечивает целостное изображение явлений и процессов, которые в реальных условиях проявляются изолированно. Картографический синтез связан с введением новых обобщающих понятий, показателей условных обозначений, с разработкой синтетических легенд.

4. Масштаб и метричность. Масштаб — наиболее известное свойство карты, которое обеспечивается математическим законом проекции, точностью создания и воспроизведения карты.

5. Однозначность изображения также вытекает из математического закона построения карты. Это свойство следует понимать шире, чем простое взаимно-однозначное соответствие точек на карте и на земной поверхности. Всякий знак, любая точка или линия на карте имеет лишь один зафиксированный в легенде смысл. Для сравнения напомним, что аэрофотоизображение допускает разные толкования одних и тех же объектов, например, прямая линия на снимке до выполнения специального дешифрирования может трактоваться как тектоническая трещина, эрозионная ложбина, канава.

6. Непрерывность изображения. Карта «не терпит пустоты», в этом

отношении она отличается от многих других географических моделей. Для ее создания необходимо располагать данными по всей территории. Непрерывность картографического изображения является большим достоинством лишь в случае хорошей изученности территории, при недостаточной или неравномерной изученности это свойство карты может стать недостатком, о чем будет сказано ниже.

Наглядность. Данное свойство есть прямое следствие образного характера картографической модели. В своей деятельности географ, по-видимому, никогда не сможет отказаться от наглядного образа, который позволяет охватить явление во всей его целостности и сложности, со всеми закономерными и случайными деталями.

8. Обзорность. Это, по-видимому, самое специфическое свойство карты, позволяющее географу охватить единым взглядом и исследовать сколь угодно обширные пространства. Именно этому свойству карты география и геология обязаны открытием многих закономерностей регионального и планетарного масштабов. Даже снимки, сделанные из космоса уступают ей в этом отношении; их обзорность меньше из-за присутствия множества посторонних и второстепенных деталей, т. е. из-за недостаточной избирательности изображения.

9. Геометрическое подобие означает соответствие форм и размеров картографического изображения и картографируемого явления или процесса и обеспечивает точность измерений по карте в пределах возможностей данного масштаба. Благодаря этому свойству географ получает представление о взаимном положении, территориальном соподчинении, конфигурации и величине исследуемого явления, т. е. о его пространственной структуре.

10. Географическое соответствие — одно из важнейших свойств, которое подразумевает научно обоснованное изображение явлений и взаимосвязей, их главных типичных особенностей, с учетом генезиса и внутренней структуры. Критерии, обеспечивающие географическое соответствие карты, определяются уровнем географической изученности явления, полнотой и достоверностью исходной информации, правильными научно-методическими принципами составления карты, удачной и обоснованной генерализацией.

11. Логичность легенды. Это свойство, строго говоря, не относится к самому картографическому изображению, но легенда неотрывна от карты, служит ключом к ней и ее логической основой. Недаром составление карты всегда начинается с разработки легенды. Легенда карты не только поясняет условные знаки, она содержит таксономические

При всех достоинствах картографических моделей нельзя игнорировать их недостатки. Главным из них остается формализм карты, приводящий к тому, что явления, имеющие разную природу, могут получить одинаковую картографическую интерпретацию. Единственным способом преодоления этого недостатка при пользовании картой является

комплексирование картографического метода исследования с методами, раскрывающими генезис явления.

У карты есть и другие, специфические «картографические» недостатки. Выше уже отмечалось, что, давая непрерывное изображение явления на всей территории, карта часто затушевывает, скрывает различия в изученности, в обеспеченности фактическими данными.

Известно, что на одной карте трудно совместить несколько явлений, например рельеф, почвы и растительность нельзя показать одновременно.

5. Методы социальной экологии.

Социальная экология является новым научным направлением на стыке социологии, экологии, философии, науки, техники и других отраслей культуры, с каждой из которых она соприкасается очень тесно. В настоящее время можно говорить о трех направлениях социальной экологии.

Во-первых, речь идет об исследовании взаимоотношений общества с природной средой на глобальном уровне, в масштабе планеты, иными словами, о взаимоотношении человечества в целом с биосферой Земли. Конкретно-научной основой исследований в данной области служит учение Вернадского о биосфере. Такое направление можно назвать глобальной экологией. Для него актуальны методы оценки количества ресурсов нашей планеты, глобальных показателей загрязнения природной среды, глобальных круговоротов химических элементов в их взаимодействии, влияния космоса на Землю, состояния озонового щита в атмосфере, функционирования Земли как единого целого и т. п.

Вторым направлением исследований взаимоотношений общества с природной средой будут исследования с точки зрения понимания человека как общественного существа. Отношения человека к социальному и природному окружению коррелируют между собой. Для того, чтобы отделить данное направление, изучающее отношение различных социальных групп и классов к природной среде и структуру их взаимоотношений, детерминированных отношением к природной среде, от предмета глобальной экологии, можно называть его социальной экологией в узком смысле. В этом случае социальная экология, в отличие от глобальной экологии, оказывается ближе к гуманитарным наукам.

Наконец, третьим научным направлением можно считать экологию человека. Ее предметом является система взаимоотношений с природной средой человека как индивида. Данное направление ближе к медицине, чем социальная и глобальная экология. Задачей экологии человека является разработка прогнозов возможных изменений в характеристиках здоровья человека (популяции) под влиянием изменений внешней среды.

Методы социальной экологии. Поскольку социальная экология является переходной наукой между естественными и гуманитарными, постольку в своей методологии она должна использовать методы и естественных, и гуманитарных наук, а также те методологии, которые представляют собой единство естественнонаучного и гуманитарного подхода.

В социальной экологии используются метод наблюдений и моделирования.

В рамках общего метода глобального моделирования использовались различные частные методики. Так, группа Медоуза применила принципы системной динамики, предполагающие, что состояние систем полностью описывается небольшим набором величин, характеризующих различные уровни рассмотрения, а ее эволюция во времени - дифференциальными уравнениями 1-го порядка, содержащими скорости изменения этих величин, называемых потоками, которые зависят только от времени и самих уровневых величин, но не от скорости их изменений. Системная динамика имеет дело только с экспоненциальным ростом и состоянием равновесия.

Методологический потенциал теории иерархических систем, примененной Месаровичем и Пестелем, гораздо шире, он позволяет создавать многоуровневые модели. Метод "затраты - выпуск", разработанный и использованный в глобальном моделировании В. Леонтьевым, предполагает исследование структурных взаимосвязей в экономике в условиях, когда "множество на вид не связанных потоков производства, распределения, потребления и капиталовложений постоянно влияют друг на друга, и, в конечном счете, определяется целым рядом основных характеристик системы".

Метод "затраты - выпуск" представляет действительность в виде шахматной доски (матрицы), отражающей структуру межотраслевых потоков, поле производства, обмена и потребления. Сам метод есть уже некое представление о действительности, и, таким образом, выбранная методология оказывается существеннейшим образом связанной с содержательным аспектом.

В качестве модели можно использовать и реальную систему. Так, агроценозы могут рассматриваться как экспериментальная модель биоценоза. В более общем плане вся природо-преобразовательная деятельность человека - моделирование, которое ускоряет становление теории, но к ней и следует относиться, как к модели, учитывая риск, который эта деятельность влечет за собой. В преобразовательном аспекте моделирование способствует оптимизации, т. е. выбору наилучших путей преобразования природной среды.

Социальная экология затрагивает вопросы демографического поведения, которое включает:

1. Брачное и репродуктивное поведение
2. Миграционное поведение
3. Самосохранительное поведение (отношение к своему здоровью)

Брачное и репродуктивное поведение оценивается по следующим показателям:

- доля лиц в каждом поколении, когда-либо вступавшая в брак;
- возраст вступления в брак;
- доля лиц, вступивших в повторный брак после развода или овдовения;
- интервал времени между разводом (овдовением) и повторным браком;

- коэффициенты брачности (показывают интенсивность вступления в брак в определенном возрасте или в целом для всех возрастов).

Миграционное поведение. Наиболее часто переселяются молодые люди до 30 лет, не имеющие детей. Миграции зависят от социальных условий жизни, от наличия рабочих мест.

Различают миграции между регионами, странами и миграции из села в город.

Самосохранительное поведение (отношение к своему здоровью).

Здоровье это состояние полного физического, психического и социального благополучия, а не просто отсутствие заболеваний или недугований.

Основными статистическими показателями интегрального здоровья населения являются:

- смертность (общая, в определенном возрасте, младенческая, трудоспособного населения, стандартизованная смертность по определенным причинам (онкология, курение, сердечные заболевания, несчастные случаи на производстве, на транспорте и т. д.);

- ожидаемая продолжительность жизни;

- рождаемость на 1000 жителей (чел/год).

Существуют специфические методы диагностики заболеваний (исследований):

- рентгеновское исследование

- ультразвуковое исследование

- анализ мочи

- анализ крови (сахар, гемоглобин, скорость оседания эритроцитов ...)

- метод «случай-контроль» (врачи контролируют результаты воздействия какого-то фактора (радиоактивное излучение, случайная передозировка лекарств, содержание токсического вещества в питьевой воде какого-то региона) на человека)

Основным источником информации при этом являются сведения медицинской статистики.

Литература:

1. Берлянт, А. М. Картографический метод исследования / А. М. Берлянт. – М.: 1978. – 225 с.
2. География и мониторинг биоразнообразия. Колл. авторов. (Лебедева Н. В. и др.) М.: Издательство Научного и учебно-методического центра, 2002. – 432 с. http://www.nature.air.ru/biodiversity/book3_1_5.html
3. Гершензон, В.Е. Информационные технологии в управлении качеством среды обитания: учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений/ В.Е. Гершензон, Е. В. Смирнова, В. В. Элиас; под ред. В.Е. Гершензона. М.: Издат. центр «Академия», 2003. – 288 с.
4. Денисова, С.И. Полевая практика по экологии/ С.И. Денисова. Мн.: Універсітэцкае, 1999. – 120 с.
5. Дорохова, Е.Н. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа / Е. Н. Дорохова, Г. В. Прохорова, М.: Высш. шк. 1991. - 255с.

6. Розенберг Г.С., Мозговой Д.П., Гелашвили Д.Б. Экология. Элементы теоретических конструкций современной экологии (Учебное пособие). - Самара: Самарский научный центр РАН, 2000. - 396 с.
7. Роль и методы социальной экологии [Режим доступа] <http://biofile.ru/geo/14061.html>
дата доступа 15.05.2017
8. Кауричев, И. С. Теория и практика метода сорбционных лизиметров в экологических исследованиях : Учеб. пособие / И. С. Кауричев, И. М. Яшин, В. А. Черников; Моск. с.-х. акад. им. К. А. Тимирязева, Учеб.-метод. об-ние кафедры почвоведения и экологии. - М. : Изд-во МСХА, 1996. - 142 с.
9. Экология крупного города (на примере Москвы): Учеб. пособие / под общ. ред. А. А. Минина. – М.: 2001.