

Лекция 9. Химические основы экологического мониторинга. Допустимые уровни загрязнения окружающей среды. Фоновый уровень загрязнения окружающей среды. Контролируемые параметры качества окружающей среды.

Термин мониторинг происходит от слова monitor (лат.) - напоминающий, надзирающий. Слово мониторинг имеет синоним – контроль (франц.) – наблюдение с целью проверки, относящийся в большей степени к сфере управления. Но оба термина имеют общую основу – наблюдение. В последнее время к слову «мониторинг» стали добавлять «экологический», вкладывая в него смысл комплексного наблюдения за окружающей средой.

В результате в российском законодательстве (ст. 69 Закона об охране окружающей среды) появился термин экологический мониторинг, который понимается и определяется наблюдение за происходящими в окружающей природной среде физическими, химическими, биологическими процессами, за уровнем загрязнения атмосферного воздуха, почв, водных объектов, последствиями его влияния на растительный и животный мир, обеспечение заинтересованных организаций и населения текущей и экстренной информацией об изменениях в окружающей природной среде, предупреждение и прогнозирование ее состояния.

Комплексность экологических проблем, их многоаспектность требует единого системного подхода к их решению. Система единого экологического мониторинга охватывает разработку и использование средств и методов наблюдений, оценку и выработку рекомендаций для комплексных задач экологического мониторинга в масштабах государства связано с известными трудностями, в первую очередь, обусловленными участием в создании и реализации единой системы большого числа исполнителей, преследующих определенные ведомственные интересы.

Национальный мониторинг состояния атмосферного воздуха в нашей стране осуществляет общегосударственная служба, организованная на базе наблюдательных, оперативных и научных органов Госкомгидромета, Министерства природных ресурсов, Минздрава России и ряда других ведомств, осуществляющих национальный мониторинг. Национальная система мониторинга опирается на существующую в Госкомгидромете информационную систему получения, подготовки и представления информации.

Для этого на базе Гидрометслужбы (позднее преобразованной в Госкомгидромет) в 1972 году была создана Общегосударственная служба наблюдений и контроля за уровнем загрязнения природной среды (ОГСНК). Основная цель создания ОГСНК - обеспечение заинтересованных государственных и общественных органов, предприятий и учреждений

систематической информацией об уровне загрязнения окружающей среды и прогноз его изменений под влиянием антропогенных воздействий.

Под качеством окружающей среды понимают степень соответствия среды жизни человека его потребностям. Окружающей человека средой являются природные условия, условия на рабочем месте и жилищные условия. От ее качества зависит продолжительность жизни, здоровье, уровень заболеваемости населения и т.д.

Нормирование качества окружающей среды – выбор показателей качества окружающей среды и пределов, в которых допускается изменение этих показателей (для воздуха, воды, почвы и т.д.).

Нормативы качества окружающей среды – нормативы, которые установлены в соответствии с физическими, химическими, биологическими и иными показателями для оценки состояния окружающей среды и при соблюдении которых обеспечивается благоприятная окружающая среда.

К нормативам качества окружающей среды относятся:

- нормативы, установленные в соответствии с химическими показателями состояния окружающей среды, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций химических веществ (ПДК), включая радиоактивные элементы;

- нормативы, установленные в соответствии с физическими показателями состояния окружающей среды, в том числе с показателями уровней радиоактивности и тепла; например, предельно допустимый уровень (ПДУ) вредных физических воздействий: радиации, шума, вибрации, магнитных полей и др.

- нормативы, установленные в соответствии с биологическими показателями состояния окружающей среды, в том числе видов и групп растений, животных и других организмов, используемых как индикаторы качества окружающей среды, а также нормативы предельно допустимых концентраций микроорганизмов;

- иные нормативы качества окружающей среды.

*Одним из базовых принципов экологического нормирования является учет фонового уровня содержания в окружающей среде некоторых веществ (фонового загрязнения), т.е. содержания, обусловленного естественными природными процессами.* В сложившейся практике при нормировании воздействия в качестве фонового признается загрязнение, которое создается источниками, не относящимися к рассматриваемому предприятию.

В настоящее время принято, что предельно допустимая концентрация (ПДК) – количество вредного вещества в окружающей среде, при постоянном контакте или при

воздействии на организм человека в течение заданного промежутка времени не вызывает необратимых (патологических) изменений в нем и у его потомства.

Концепция ПДК базируется на двух предположениях:

1) эффект любого химического фактора пропорционален его интенсивности и выражается формулой «доза–время–эффект»;

2) биологическое действие любого химического фактора подчиняется принципу пороговости, ниже которого не обнаруживается реакция организма.

Соответственно, в основе нормирования лежит максимальная недействующая доза.

Необходимо помнить, что разные типы загрязнений присутствуют совместно. Они взаимодействуют друг с другом. При этом их токсичность изменяется. Например, закисление или образование соединений с органическими веществами увеличивает токсичность ионов многих металлов. Поэтому при установлении ПДК следует учитывать разные виды взаимодействия веществ друг с другом: *аддитивность* – простое суммирование эффекта, *антагонизм* – взаимное ослабление действия веществ, *синергизм* – взаимное усиление действия, превосходящее аддитивный эффект. Кроме того, следует помнить о возможности *биоаккумуляции* – накоплении поступающего с пищей или водой яда в организме, *биоконцентрации* – адсорбции токсического вещества кожными покровами или органами дыхания, *биомагнификации* – роста концентрации токсического вещества в пищевой цепи.

Все существующие ПДК представляют собой компромисс между допустимым и реально существующим уровнем загрязнения атмосферы, гидросферы и литосферы, цель установления которых – разумное сочетание экономических и экологических интересов как основы общественного прогресса.

#### Нормирование загрязняющих веществ в воздухе

Санитарная оценка воздушной среды проводится с учетом принципа отдельного нормирования загрязняющих веществ: устанавливаются разные ПДК в воздухе рабочей зоны и в атмосферном воздухе населенных мест. Кроме того, контролируется качество воздушной среды закрытых помещений, однако для оценки содержания вредных веществ применяются ПДК атмосферного воздуха населенных мест.

Для атмосферного воздуха населенных мест устанавливаются ПДК среднесуточные (ПДК с.с.) и ПДК максимальные разовые (ПДК м.р.), различающиеся между собой периодом осреднения проб.

Предельно допустимая концентрация максимальная разовая (ПДК м.р.) – это максимальная концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, не вызывающая при вдыхании в течение 20 мин рефлекторных (в том числе, субсенсорных)

реакций в организме человека (ощущение запаха, изменение световой чувствительности глаз и др.).

Предельно допустимая концентрация среднесуточная (ПДК с.с.) – это максимальная концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного воздействия при неограниченно долгом круглосуточном вдыхании.

Направленность биологического действия вещества характеризуется т.н. показателем вредности (ПВ). Для загрязнителей воздушной среды обычно рассматривают два показателя вредности: рефлекторный (рефл.) и резорбтивный (рез.). Показатель, определяющий ПДК, называется лимитирующим показателем вредности (ЛПВ).

Под рефлекторным действием понимают реакцию со стороны рецепторов верхних дыхательных путей – ощущение запаха, раздражение слизистых оболочек, задержка дыхания и т.п. Рефлекторные реакции характерны для веществ с выраженным раздражающим и удушающим действием. Они проявляются в виде чихания, кашля, слезотечения, рвоты, приступов удушья. Одновременно с явно выраженными признаками фиксируются изменения таких показателей, как частота и глубина дыхания, кровяное давление, химический и морфологический состав крови, электрическая активность головного мозга, наблюдаются изменения в деятельности сердца, функционировании органов внутренней секреции.

На предупреждение рефлекторных реакций, которые наблюдаются при кратковременном воздействии вредных веществ, направлена максимальная разовая ПДК, поэтому говорят, что она устанавливается по рефлекторному показателю вредности веществ. Именно высокие кратковременные загрязнения токсичными веществами наносят значительный ущерб среде.

Среднесуточная ПДК предназначена для предотвращения хронического резорбтивного воздействия атмосферных загрязнителей. Под резорбтивным понимают действие вещества, развивающееся после его всасывания и поступления в общий кровоток, а затем в ткани организма животных и человека. Возникновение резорбтивных эффектов зависит не только от концентрации вещества в воздухе, но и длительности вдыхания. При резорбтивном действии вредных веществ возможно развитие отдаленных последствий (гонадотропного, эмбриотропного, мутагенного, канцерогенного и др. эффектов). Атмосферные загрязнители воздуха в населенных пунктах действуют круглосуточно на все группы населения, включая детей и ослабленных лиц.

Для оценки качества воздуха на рабочем месте используется ПДК рабочей зоны (ПДК р.з.). Предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей

зоны (ПДК р.з.) – это максимальная концентрация, которая при продолжительности работы не более 40 часов в неделю на протяжении всего рабочего стажа не вызывает у человека заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования во время работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений. Рабочей зоной следует считать пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которой находятся места постоянного или временного пребывания рабочих.

В условиях производства промышленные химические вещества воздействуют в течение рабочей смены на лиц трудоспособного возраста, проходящих предварительные (перед поступлением на работу) и периодические медицинские осмотры. Поэтому критерии установления ПДК в воздухе рабочей зоны отличаются от критериев обоснования гигиенических нормативов атмосферных загрязнителей в воздухе населенных мест, и ПДКс.с. более жесткие, чем ПДК р.з.

На территории предприятия устанавливается ПДК, равная 0,3 ПДКр.з. Для курортных зон устанавливается ПДК, равная 0,8 ПДК м.р.

На сегодняшний день насчитывается 52 группы веществ, проявляющих эффект суммации. При совместном присутствии в атмосферном воздухе нескольких веществ, обладающих эффектом суммации действия, сумма их долей ПДК (отношений концентрации вещества к их ПДК) не должна превышать единицы

#### Нормирование загрязняющих веществ в воде

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 этом критерии качества представляют собой признаки, по которым производится оценка качества воды.

Безвредность химического состава воды (ее токсикологическая характеристика) определяется содержанием химических веществ, которое не должно превышать установленных нормативов. Кроме того, оценивается безопасность воды по санитарным показателям – микробиологическим и паразитологическим (наличие бактерий, простейших, водорослей, вирусов и др.).

Как и при нормировании качества воздуха, для веществ, загрязняющих воду, установлено отдельное нормирование качества воды, которое предусматривает учет приоритетного назначения водного объекта.

*Водопользование* – это использование воды без изъятия ее из мест естественной локализации.

*Водопотребление* – это использование воды, связанное с изъятием ее из мест естественной локализации с полным безвозвратным расходом или с возвращением в источники водозабора в измененном (загрязненном) состоянии.

Природные воды являются объектами разных видов водопользования – промышленного водоснабжения, орошения, судоходства, гидроэнергетики и т.д. Например, в сельском хозяйстве нормируют качество воды для полива растений, качество воды для поения скота. Существуют определенные требования к качеству воды, используемой в разных отраслях промышленности, например, в электронике, при производстве лекарств и т.д. Однако с точки зрения гигиенического и экологического нормирования рассматривают 3 вида водопользования.

К *хозяйственно-питьевому* водопользованию относится использование водных объектов или их участков в качестве источников питьевой воды и воды для предприятий пищевой промышленности. Питьевая вода должна быть безвредна по химическому составу, безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, должна иметь благоприятные органолептические свойства.

К *культурно-бытовому* водопользованию относится использование водных объектов для купания, занятия спортом и отдыха населения. Требования к качеству воды, установленные для культурно-бытового водопользования, распространяются на все участки водных объектов, находящиеся в черте населенных мест, независимо от вида их использования.

Рыбохозяйственные водные объекты классифицируются на три основные группы (категории):

– к высшей категории относят места расположения нерестилищ, массового нагула и зимовальных ям особо ценных видов рыб и других промысловых водных организмов, а также охранные зоны хозяйств любого типа для разведения и выращивания рыб, других водных животных и растений;

– к первой категории относят водные объекты, используемые для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к содержанию кислорода;

– ко второй категории относят водные объекты, используемые для других рыбохозяйственных целей.

Виды использования водного объекта или его участков в пределах области, республики определяются органами Министерства природных ресурсов совместно с органами Минздрава и Минрыбхоза и утверждаются местными администрациями.

В случае одновременного использования водного объекта или его участка для различных нужд населения и народного хозяйства к составу и свойствам воды предъявляются наиболее жесткие нормы из числа установленных.

Предельно допустимая концентрация вещества в воде (ПДК) – концентрация индивидуального вещества в воде, выше которой вода непригодна для установленного вида водопользования. При концентрации вещества равной или меньшей ПДК вода остается такой же безвредной для всего живого, как и вода, в которой полностью отсутствует данное вещество.

Предельно допустимая концентрация в воде водоема хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДК) – это максимальная концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать прямого или косвенного влияния на организм человека в течение всей его жизни и на здоровье последующих поколений, и не должна ухудшать гигиенические условия водопользования.

Предельно допустимая концентрация в воде водоема, используемого для рыбохозяйственных целей (ПДК р.х.) – это максимальная концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать вредного влияния на популяции рыб, в первую очередь промысловых.

Это такие максимальные концентрации вредных веществ, при постоянном присутствии которых в водоеме не регистрируются случаи гибели рыб и кормовых для рыб организмов, не наблюдается исчезновения тех или иных видов рыб, для жизни которых водоем ранее был пригоден, не происходит порчи товарных качеств обитающей в водоеме рыбы.

При нормировании химических веществ в воде учитывают показатели (критерии) вредного воздействия (*признаки вредности*) (ПВ) загрязняющих веществ.

Так, при нормировании качества воды в водоемах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования используют следующие признаки вредности:

– органолептический, характеризующий влияние вещества на изменение свойств воды, определяемых органами чувств человека (вкус, привкус, запах, цвет, мутность, наличие пены и пленок и др.);

– общесанитарный (санитарный), характеризующий нарушение экологических условий, нарушение самоочищения воды: БПК<sub>5</sub>; численность сапрофитной микрофлоры;

изменение трофности водных объектов; гидрохимических показателей: кислород, азот, фосфор, рН (санитарный режим водоема);

– санитарно-токсикологический, характеризующий влияние вещества на организм человека и лабораторных животных.

Для питьевой воды централизованного водоснабжения используют только органолептический и санитарно-токсикологический признак вредности.

Для водоемов, используемых для рыбохозяйственных целей, помимо органолептического, общесанитарного и санитарно-токсикологического, используют следующие признаки вредности:

– токсикологический, характеризующий прямое токсическое действие веществ на водные биологические ресурсы;

– рыбохозяйственный, который определяет изменение товарных качеств промысловых водных организмов: появление неприятных и посторонних привкусов и запахов, а также вытеснение хозяйственно ценных рыб сорными.

В основу нормирования (определения величины ПДК для водоема) положен *лимитирующий показатель вредности (ЛПВ)*, под которым понимают наибольшее отрицательное влияние, оказываемое данным веществом в водоеме. Исследование каждого вещества обязательно проводят по всем необходимым показателям вредности. По каждому из них находят пороговую концентрацию. В качестве ПДК принимают минимальную из всех пороговых концентраций, а соответствующий показатель вредности устанавливают как лимитирующий. Таким образом, лимитирующий признак вредности веществ в воде – признак, характеризующийся наименьшей безвредной концентрацией вещества в воде.

При использовании водоема для разных типов водопользования оценка качества воды производится по самой жесткой ПДК.

Для радионуклидов нормирование ведут по радиационному показателю вредности.

При наличии в воде веществ 1 и 2 классов опасности с одинаковым лимитирующим признаком вредности для них рассчитывают эффект суммации.

Для веществ 1 и 2 классов опасности при хозяйственно – питьевом и культурно-бытовом водопользовании и всех нормируемых веществ при рыбохозяйственном водопользовании при поступлении в водные объекты нескольких веществ с одинаковым ЛПВ сумма отношений их фактических концентраций веществ к соответствующим ПДК (т.е. сумма долей ПДК) не

должна превышать единицы при расчете по формуле:

$$C_a/ПДК_a + C_b/ПДК_b + \dots + C_n/ПДК_n \leq 1,$$

где  $C_i$  – фактическая концентрация  $i$ - того вещества,

ПДК $_i$  – предельная допустимая концентрация  $i$ - того вещества.

При наличии в питьевой воде веществ 1 и 2 классов с разными ЛПВ эффект суммации учитывают по каждому ЛПВ.

#### Нормирование загрязняющих веществ в почве

Основным критерием, определяющим качество почв, является значение предельно допустимой концентрации загрязняющего вещества (ПДК).

Предельно допустимая концентрация в пахотном слое почвы (ПДК) – это максимальная концентрация вредного вещества в верхнем, пахотном слое почвы, не вызывающая прямого или косвенного негативного влияния (включая отдаленные последствия) на соприкасающиеся с почвой среды и на здоровье человека, а также не приводящая к накоплению токсичных элементов в сельскохозяйственных культурах.

ПДК загрязняющих веществ в почвах определяется не только их химической природой и токсичностью, но и особенностями самих почв. В отличие от воздуха и воды почвы настолько разнятся друг от друга по химическому составу и свойствам, что для них не могут быть установлены унифицированные уровни ПДК. Среди факторов, мешающих определению единой концентрации металла, которую можно было бы принять за ПДК, необходимо назвать буферность почв и формы существования элементов в почвах. Вследствие неодинаковой буферности почв в разной степени инактивируются поступающие токсические вещества, а наличие разных форм элементов в почве делает непростым выбор той, которая была бы наиболее пригодной для нормирования. В настоящее время нормируется не только валовое содержания тяжелых металлов, но и содержание их подвижных соединений, причем для некоторых металлов разработаны ПДК или ОДК с учетом гранулометрического состава и реакции почвенной вытяжки.

В основном химические соединения, находящиеся в почве, поступают в организм через другие субстраты, контактирующие с почвой – воду, воздух, растения. Поэтому при определении ПДК загрязняющих веществ в почве особое внимание уделяется тем соединениям, которые могут мигрировать в атмосферу, грунтовые или поверхностные воды или накапливаться в растениях, снижая качество сельскохозяйственной продукции.

Для установления ПДК необходим тщательный учет связи и взаимообусловленности концентраций металлов в одновременно действующих системах: атмосфера – почва, атмосфера – растительность, атмосфера – природные воды, почва – растительность, почва – природные воды, а также в пищевых цепях живых организмов. С этой целью при нормировании качества почвы учитывают т.н. показатели (признаки)

вредности (ПВ), которые определяют особенности перехода загрязняющего вещества из почвы в сопредельные среды, растениеводческую продукцию, а также влияние этого вещества на микробный ценоз почвы и процессы самоочищения почвы.

Пороговая концентрация вещества по *общесанитарному показателю вредности* – максимальное количество химического вещества в почве, которое на 5 - 7-е сутки не вызывает изменений общей численности микроорганизмов основных физиологических групп (спорообразующих бактерий, актиномицетов, грибов) более чем на 50 %, а также ферментативной активности почвы более чем на 25 % относительно контрольной пробы.

Пороговая концентрация вещества по *воздушно-миграционному показателю вредности* – максимальное количество загрязняющего вещества в почве, при котором переход вещества из почвы в атмосферный воздух не приводит к превышению среднесуточной ПДК данного вещества для воздуха. Такие пороговые концентрации устанавливаются только для летучих веществ.

Пороговая концентрация вещества по *водно-миграционному показателю вредности* – максимальное количество загрязняющего вещества в почве, при котором поступление его в грунтовые и поверхностные воды с внутрипочвенным или поверхностным стоком не создает в водных объектах концентраций, превышающих ПДК данного вещества в воде.

Пороговая концентрация вещества по *фитоаккумуляционному (транслокационному)* показателю вредности – это максимальное количество вещества в почве, при котором накопление вещества фитомассой товарных органов сельскохозяйственных растений к моменту сбора урожая не превысит установленных для продуктов питания ПДК или допустимых остаточных количеств (ДОК).

Пороговая концентрация вещества по *санитарно-токсикологическому показателю вредности* – это максимальное количество вещества в почве, при котором суммарное поступление вещества в организм теплокровных (человека) при непосредственном контакте с почвой или при миграции с водой, атмосферным воздухом, пищевыми продуктами не сопровождается отрицательным прямым или отдаленным воздействием на здоровье населения.

Пороговая концентрация вещества по *органолептическому показателю вредности* – максимальное количество химического вещества в почве, которое не оказывает воздействия на пищевую ценность и органолептические свойства пищевых продуктов растительного происхождения, воды и атмосферного воздуха, сформированных в тех же экстремальных условиях.

Обычно определяют пороговые концентрации вещества в почве по фитоаккумуляционному, водно-миграционному, воздушно-миграционному и

общесанитарному показателям вредности. После их установления выбирают самый жесткий показатель (самую низкую концентрацию), которую и принимают за ПДК данного вещества в почве, а пороговый показатель, по которому она установлена, называют лимитирующим признаком вредности (ЛПВ). Разница в допустимых уровнях по каждому показателю может быть значительна.

Для гербицидов дополнительно определяются ПДК по фитотоксическому показателю вредности.

#### Контролируемые параметры качества окружающей среды

В перечень веществ, подлежащих контролю на постах наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха, включаются основные (определяются практически на всех постах в РФ) и специфические (в зависимости от размера населенного пункта, числа жителей, промышленной специализации) загрязнители.

В городах согласно Руководящим документам регламентируется контролировать основные примеси:

- пыль (взвешенные вещества);
- диоксид серы (SO<sub>2</sub>);
- диоксид азота (NO<sub>2</sub>);
- оксид углерода (CO);

специфические примеси:

- оксид азота – только в городах с населением более 250 тыс.чел.;
- растворимые сульфаты – в городах с населением более 100 тыс.чел.;
- формальдегид и соединения свинца – в городах с населением более 500 тыс.чел.;
- металлы – в городах с предприятиями черной и цветной металлургии;
- бенз(а)пирен - в городах с населением более 100 тыс.чел.;
- пестициды – в городах, расположенных рядом с сельскохозяйственными районами.

Перечень веществ для систематических наблюдений на стационарных, маршрутных постах и при подфакельных наблюдениях устанавливается на основе сведений о составе и характере выбросов от источников загрязнения в городе и метеорологических условий рассеивания примесей. Определяются вещества, которые выбрасываются предприятиями города, и оценивается возможность превышения ПДК этих веществ. В результате составляется список веществ, подлежащих контролю в первую очередь.

Параметры, определение которых предусмотрено обязательной программой наблюдений УГМС за качеством поверхностных вод по гидрохимическим показателям:

Кислород	Аммонийный азот
Диоксид углерода	Нитритный азот
Взвешенные вещества	Нитратный азот
Водородный показатель (рН)	Минеральный фосфор
Окислительно-восстановительный потенциал (Еh)	Железо общее
Хлориды	Кремний
Сульфаты	БПК <sub>5</sub>
Гидрокарбонаты	ХПК
Кальций	Нефтепродукты
Магний	СПАВ
Натрий	Фенолы (летучие)
Калий	Пестициды
	Тяжелые металлы

Перечень контролируемых параметров загрязнения почвы в соответствии с ГН 2.1.7.2041-06:

Нефтепродукты	Марганец
Бенз(а)пирен	Мышьяк
Диметилбензолы (1,2-диметилбензол; диметилбензол; 1,4-диметилбензол)	Ртуть
Комплексные гранулированные удобрения (КГУ)	Сурьма
Комплексные жидкие удобрения (КЖУ)	Свинец
Фуран-2-карбальдегид	Медь
Хлорид калия (по K <sub>2</sub> O)	Никель
Кобальт	Хром трехвалентный
Ванадий	Хром шестивалентный
	Цинк