

§4 ОСНОВЫ ЭКОТОКСИКОЛОГИИ. НОРМИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

4.1 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТОКСИКОЛОГИЯ

Развитие промышленности неразрывно связано с усилением интенсивности антропогенного воздействия на окружающую среду и в первую очередь с расширением круга используемых химических веществ в промышленности и сельском хозяйстве. Это обстоятельство увеличивает степень химической опасности для окружающей среды.

Еще несколько десятков лет назад химические отходы производства просто сбрасывали в окружающую среду, а пестициды и удобрения практически бесконтрольно, исходя из утилитарных соображений, распыляли над огромными территориями. При этом полагали, что газообразные вещества должны быстро рассеиваться в атмосфере, жидкости частично растворяться в воде и уноситься из мест выброса. И хотя твердые продукты в значительной степени накапливались в регионах, потенциальная опасность промышленных выбросов рассматривалась как низкая. Использование же пестицидов и удобрений давало экономический эффект, во много раз превосходящий ущерб, наносимый токсикантами природе [1].

Экологическая токсикология (экоотоксикология) – раздел токсикологии, изучающий эффекты воздействия токсичных веществ на экосистемы и их круговорот в биосфере, в особенности в пищевых цепях. Экоотоксикология исследует развитие негативных эффектов, возникающих при действии загрязнителей на самые разнообразные виды живых организмов (от микроорганизмов, до человека), на уровне популяций или экосистемы в целом, а также судьбу химического вещества в системе биогеоценоза. Впервые как самостоятельное междисциплинарное научно-практическое направление экоотоксикология упоминается в 1969 году. В зарубежной научной литературе наряду с понятием экоотоксикологии в близком значении используется термин «токсикология окружающей среды» (environmental toxicology).

Основными рассматриваемыми вопросами экоотоксикологии являются характеристика ксенобиотического профиля среды обитания, проблемы экоотоксикокинетики, экоотоксикодинамики, экоотоксикомерии [1].

Ксенобиотический профиль среды – совокупность чужеродных веществ, содержащихся в окружающей среде (воде, почве, воздухе и живых организмах) в форме (агрегатном состоянии), позволяющей им вступать в химические и физико-химические взаимодействия с биологическими объектами экосистемы.

Свойствами экотоксичности могут обладать лишь молекулы, обладающие **биодоступностью**, т.е. способные взаимодействовать немеханическим путем с живыми организмами. Как правило, это соединения, находящиеся в газообразном или жидком состоянии, в форме водных растворов, адсорбированные на частицах почвы и различных поверхностях, твердые вещества, но в виде мелкодисперсной пыли (размер частиц менее 50 мкм), наконец вещества, поступающие в организм с пищей.

Часть биодоступных соединений утилизируется организмами, участвуя в процессах их пластического и энергетического обмена с окружающей средой, т.е. выступают в качестве ресурсов среды обитания. Другие же, поступая в организм животных и растений, не используются как источники энергии или пластический материал, но, действуя в достаточных дозах и концентрациях, способны существенно модифицировать течение нормальных физиологических процессов. Такие соединения называются **чужеродными или ксенобиотиками** (чуждые жизни).

Важным элементом ксенобиотического профиля являются чужеродные вещества, содержащиеся в органах и тканях живых существ, поскольку все они рано или поздно потребляются другими организмами (т.е. обладают биодоступностью). Напротив, химические вещества, фиксированные в твердых, не диспергируемых в воздухе и нерастворимых в воде объектах (скальные породы, твердые промышленные изделия, стекло, пластмасса и др.), не обладают биодоступностью. Их можно рассматривать как источники формирования ксенобиотического профиля.

Ксенобиотические профили среды, сформировавшиеся в ходе эволюционных процессов, миллионы лет протекавших на планете, можно назвать **естественными ксенобиотическими профилями**. Они различны в разных регионах Земли. Биоценозы, существующие в этих регионах (биотопах), в той или иной степени адаптированы к соответствующим естественным ксенобиотическим профилям.

Различные природные коллизии, а в последние годы и хозяйственная деятельность человека, порой существенным образом изменяют естественный ксенобиотический профиль многих регионов (особенно урбанизированных). Химические вещества, накапливающиеся в среде в несвойственных ей количествах и являющиеся причиной изменения естественного ксенобиотического профиля, выступают в качестве экополлютантов (загрязнителей).

Изменение ксенобиотического профиля может явиться следствием избыточного накопления в среде одного или многих экополлютантов.

Далеко не всегда это приводит к пагубным последствиям для живой природы и населения. Лишь экополлютант, накопившийся в среде в количестве, достаточном для инициации токсического процесса в биоценозе (на любом уровне организации живой материи), может быть обозначен как вещество, обладающее экотоксическими свойствами или **экоотоксикант**. **Экотоксичность** – это способность данного ксенобиотического профиля среды вызывать неблагоприятные

эффекты в соответствующем биоценозе. В тех случаях, когда нарушение естественного ксенобиотического профиля связано с избыточным накоплением в среде лишь одного поллютанта, можно условно говорить об экотоксичности только этого вещества.

К числу природных источников биодоступных ксенобиотиков, по данным ВОЗ (1992), относятся: переносимые ветром частицы пыли, аэрозоль морской соли, вулканическая деятельность, лесные пожары, биогенные частицы, биогенные летучие вещества. Другим источником ксенобиотиков в среде, значение которого неуклонно возрастает, является деятельность человека

Многочисленные абиотические (происходящие без участия живых организмов) и биотические (происходящие с участием живых организмов) процессы в окружающей среде, направлены на элиминацию (удаление) экополлютантов. Многие ксенобиотики, попав в воздух, почву, воду приносят минимальный вред экосистемам, поскольку время их воздействия ничтожно мало. Вещества, оказывающиеся резистентными к процессам разрушения, и, вследствие этого, длительно персистирующие в окружающей среде, как правило, являются потенциально опасными экотоксикантами.

К числу веществ, длительно персистирующих в окружающей среде, относятся тяжелые металлы (свинец, медь, цинк, никель, кадмий, кобальт, сурьма, ртуть, мышьяк, хром), полициклические полигалогенированные углеводороды (полихлорированные дибензодиоксины и дибензофураны, полихлорированные бифенилы и т.д.), некоторые хлорорганические пестициды (ДДТ, гексахлоран, алдрин, линдан и т.д.) и многие другие вещества.

подавляющее большинство веществ подвергаются в окружающей среде различным превращениям. Характер и скорость этих превращений определяют их стойкость. На стойкость вещества в окружающей среде влияет большое количество процессов. Основными являются фотолиз (разрушение под влиянием света), гидролиз (реакция разложения водой), окисление (реакция соединения вещества с кислородом).

Абиотическое разрушение химических веществ обычно проходит с малой скоростью. Значительно быстрее деградируют ксенобиотики при участии биоты, особенно микроорганизмов (главным образом бактерий и грибов), которые используют их как питательные вещества. Процесс биотического разрушения идет при участии ферментов. В основе биопревращений веществ лежат процессы окисления, гидролиза, дегалогенирования, расщепления циклических структур молекулы, отщепление алкильных радикалов (деалкилирование) и т.д. Деградация соединения может завершаться его полным разрушением, т.е. минерализацией (образование воды, двуокиси углерода, других простых соединений). Однако возможно образование промежуточных продуктов биотрансформации веществ, обладающих порой более высокой

токсичностью, чем исходный агент. Так, превращение неорганических соединений ртути фитопланктоном может приводить к образованию более токсичных ртутьорганических соединений, в частности, метилртути. Подобное явление имело место в Японии на берегах бухты Минамато в 50-60 х годах. Поступавшая в воду залива ртуть со стоками фабрики по производству азотных соединений, трансформировалась биотой в метилртуть. Последняя концентрировалась в тканях морских организмов и рыбы, служившей пищей местного населения. В итоге у людей, потреблявших рыбу, развивалось заболевание, характеризовавшееся сложным неврологическим симптомокомплексом, у новорожденных детей отмечались пороки развития. Всего было зарегистрировано 292 случая болезни Минамато, 62 из них закончились гибелью людей.

Если загрязнитель окружающей среды не может попасть внутрь организма, он, как правило, не представляет для него существенной опасности. Однако, попав во внутренние среды, многие ксенобиотики способны накапливаться в тканях. Процесс, посредством которого организмы накапливают токсиканты, извлекая их из абиотической фазы (воды, почвы, воздуха) и из пищи (трофическая передача), называется **биоаккумуляцией**. Результатом биоаккумуляции являются пагубные последствия как для самого организма (достижение поражающей концентрации в критических тканях), так и для организмов, использующих данный биологический вид, в качестве пищи.

Склонность экотоксикантов к биоаккумуляции зависит от ряда факторов. Первый – персистирование ксенобиотика в среде. Степень накопления вещества в организме, в конечном счете, определяется его содержанием в среде. Вещества, быстро элиминирующиеся, в целом, плохо накапливаются в организме. Исключением являются условия, при которых поллютант постоянно привносится в окружающую среду (регионы близ производств и т.д.).

После поступления веществ в организм их судьба определяется токсикокинетическими процессами. Наибольшей способностью к биоаккумуляции обладают жирорастворимые (липофильные) вещества, медленно метаболизирующие в организме. Жировая ткань, как правило, основное место длительного депонирования ксенобиотиков. Так, спустя много лет после воздействия, высокое содержание ТХДД обнаруживали в биоптатах жировой ткани и плазме крови ветеранов армии США, участников вьетнамской войны. Однако многие липофильные вещества склонны к сорбции на поверхностях различных частиц, осаждающихся из воды и воздуха, что снижает их биодоступность. Например, сорбция бензпирена гуминовыми кислотами снижает способность токсиканта к биоаккумуляции тканями рыб в три раза. Рыбы из водоемов с низким содержанием взвешенных частиц в воде аккумулируют большее количество ДДТ, чем рыбы из эвтрофических водоемов с высоким содержанием взвеси.

Биоаккумуляция может лежать в основе не только хронических, но и отсроченных острых токсических эффектов. Так, быстрая потеря жира, в котором накоплено большое количество вещества, приводит к выходу токсиканта в кровь. Мобилизация жировой ткани у животных нередко отмечается в период размножения. В экологически неблагоприятных регионах это может сопровождаться массовой гибелью животных при достижении ими половой зрелости. Стойкие поллютанты могут также передаваться потомству, у птиц и рыб – с содержимым желточного мешка, у млекопитающих – с молоком кормящей матери. При этом возможно развитие эффектов у потомства, не проявляющихся у родителей.

Химические вещества могут перемещаться по пищевым цепям от организмов-жертв, к организмам-консументам. Для высоко липофильных веществ это перемещение может сопровождаться увеличением концентрации токсиканта в тканях каждого последующего организма – звена пищевой цепи. Этот феномен называется **биомагнификацией**. Так, для уничтожения комаров на одном из калифорнийских озер применили ДДТ. После обработки содержание пестицида в воде составило 0,02 частей на миллион (ррт). Через некоторое время в планктоне ДДТ определялся в концентрации 10 ррт, в тканях планктоноядных рыб – 900 ррт, хищных рыб – 2700 ррт, птиц, питающихся рыбой – 21 000 ррт. То есть содержание ДДТ в тканях птиц, не подвергшихся непосредственному воздействию пестицида, было в 1 000 000 раз выше, чем в воде и в 20 раз выше, чем в организме рыб – первом звене пищевой цепи [14].

Экотоксичность ксенобиотиков может быть связана с различными механизмами:

– **прямое действие токсикантов, приводящее к массовой гибели представителей чувствительных видов.** Применение эффективных пестицидов приводит к массовой гибели вредителей: насекомых (инсектициды) или сорняков (гербициды);

– **прямое действие ксенобиотика, приводящее к развитию аллобиотических состояний и специальных форм токсического процесса.** В конце 80-х годов в результате вирусных инфекций в Балтийском, Северном и Ирландском морях погибло около 18 тысяч тюленей. В тканях погибших животных находили высокое содержание полихлорированных бифенилов (ПХБ). Известно, что ПХБ, как и другие хлорсодержащие соединения, такие как ДДТ, гексахлорбензол, диэдрин обладают иммуносупрессивным действием на млекопитающих. Их накопление в организме и привело к снижению резистентности тюленей к инфекции. Таким образом, непосредственно не вызывая гибели животных, поллютант существенно повышал их чувствительность к действию других неблагоприятных экологических факторов [14];

– **эмбриотоксическое действие экопеллютантов.** Хорошо установлено, что ДДТ, накапливаясь в тканях птиц, таких как кряква, скопа, белоголовый орлан и др., приводит к истончению скорлупы яиц. В итоге птенцы не могут быть высижены и погибают. Это сопровождается снижением численности популяции птиц;

– **прямое действие продукта биотрансформации поллютанта с необычным эффектом.** Например, полевые наблюдения за живородящими рыбами (карпозубые) в штате Флорида позволили выявить популяции с большим количеством самок с явными признаками маскулинизации (своеобразное поведение, модификация анального плавника и т.д.). Эти популяции были обнаружены в реке, ниже стока завода по переработке орехов. Первоначально предположили, что стоки содержат маскулинизирующие вещества. Однако исследования показали, что такие вещества в выбросах отсутствуют: сточная вода не вызывала маскулинизацию. Далее было установлено, что в сточных водах содержался фитостерон, (образуется в процессе переработки сырья), который попав в воду реки, подвергался воздействию обитающих здесь бактерий и превращался при их участии в андроген. Последний и вызывал неблагоприятный эффект:

– **опосредованное действие путем сокращения пищевых ресурсов среды обитания.** Для борьбы с вредителями лесного хозяйства, гусеницами елового листовёртки-почкоеда в одном из регионов Канады применили фосфорорганический пестицид, быстро деградирующий в среде. В результате резкого снижения числа гусениц от бескормицы погибло около 12 млн. птиц;

– **взрыв численности популяции вследствие уничтожения вида-конкурента.**

Один из основных биологических объектов изучения экотоксикологии - человек. С этой точки зрения, экотоксикология призвана решать одну из важных проблем экологии человека — защиту здоровья людей от поражения находящимися в окружающей среде вредными веществами. Проблема профилактики неблагоприятного воздействия факторов окружающей среды на здоровье человека стоит на одном из первых мест (если не на первом) среди других общемировых проблем. Это связано с быстрым нарастанием числа и силы различных по своей природе факторов – химических, физических, биологических, социальных. Усложняется спектр и режим их воздействия, возможность одновременного воздействия на человека. С другой стороны, следует отметить многообразие патологических состояний у человека (в том числе ранее неизвестных и неизученных), возникающих под влиянием этих факторов.

Особое место занимают многочисленные химические соединения, широко используемые человеком.

Современная химия определяет развитие ключевых направлений во всей системе производительных сил. Поэтому необходим выбор стратегии профилактики для предупреждения и развития ближайших и отдаленных

неблагоприятных эффектов влияния вещества на организм человека, его потомство и окружающую среду. Простым запретом выпуска ряда химических веществ решить проблему на сегодняшний день весьма трудно в силу комплекса политических, экологических, социальных, экономических и технологических причин, хотя известен ряд запретов по выпуску некоторых канцерогенов, пестицидов, биологически активных веществ.

Несовершенство используемых технологий как в технологическом, так и в экологическом отношениях, невозможность изъятия из производственной сферы многих необходимых для современной цивилизации химических веществ определяют необходимость введения и неукоснительного соблюдения нормативов качества окружающей среды.

4.2 САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ

Нормирование поступления загрязняющих веществ в окружающую среду долгое время носило ярко выраженный антропогенный характер, т.е. было направлено на решение единственной задачи – ограничение выбросов (сбросов) до уровней, при которых концентрации этих веществ не превышали бы предельно-допустимых (ПДК), не опасных для человека значений. Такое нормирование называется санитарно-гигиеническим, и цель его состоит в непосредственной защите здоровья человека.

Однако ясно, что подход к решению вопросов защиты окружающей природной среды только с точки зрения ограничения выбросов и сбросов, соблюдения ПДК (при всей его важности) не позволяет объективно контролировать и оценивать последствия выбросов и сбросов в масштабах экосистемы. Ориентация на нормативы ПДК привела к тому, что проблему их обеспечения стали «решать» почти исключительно путем более эффективного и целенаправленного рассеивания загрязняющих веществ: разбавления стоков чистой водой, выброс газообразных и аэрозольных компонентов через дымовые трубы большой высоты.

Последствия такого подхода для природных экосистем хорошо прослеживается на примере изменения географии кислотных осадков. До середины XX в. проблема закисления осадков носила локальный характер, но после начала строительства высоких дымовых труб она приобрела крупнорегиональный характер, например, в скандинавских странах.

Таким образом, использование в решении проблемы нормирования вредных веществ, подходов, основанных только на ПДК, не позволяет учитывать степень и последствия «химического давления» на экосистемы в целом.

Очевидно, что защита природных экосистем от химического загрязнения должна быть ориентирована не на уровень концентрации загрязняющих веществ в отдельных средах, а на общий объем выбросов, определяющих их поступление в атмосферу, почву, поверхностные и грунтовые воды, включение в пищевые цепочки и возможное накопление более токсичных вторичных загрязнителей. Этот уровень должен быть таким, чтобы не могли возникнуть недопустимо высокие концентрации токсикантов в критических звеньях природных экосистем.

Целью *экологического нормирования* является установление предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ и выявление предельных нагрузок, при которых ответная реакция экосистем не выходила бы за рамки допустимых отклонений. Только при таких условиях может быть сохранена стабильность экосистем.

До настоящего времени санитарно-гигиенические предельно-допустимые концентрации ПДК остаются пока ведущим критерием качества окружающей среды и используются для оценки опасности экологической обстановки, расчета предельно-допустимых выбросов и сбросов (ПДВ и ПДС). Однако действующие ПДК (гарантирующие здоровье человека) не всегда могут гарантировать отсутствие экологических изменений (нарушения экосистем, влияние на популяции и различные биообъекты).

Однако данный факт не может свидетельствовать о малой надежности гигиенического норматива, а лишь подчеркивает необходимость скорейшей выработки концепции экологического нормирования и включения в законодательство не только санитарно-гигиенических критериев, но и экологических стандартов.

В широком смысле *качество среды* – это степень соответствия природных условий потребностям людей или других живых организмов. Качество окружающей природной среды оценивается совокупностью показателей, характеризующих состояние окружающей природной среды.

Нормативы – это разрешаемые в законодательном порядке концентрации (содержание) загрязняющих веществ в объектах окружающей среды или величина воздействия в различных средах: воздухе, воде, почве, продуктах питания.

4.2.1 НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Под *нормированием качества* окружающей среды следует понимать установление системы количественных и качественных показателей (стандартов) состояния окружающей среды, при которых обеспечиваются благоприятные условия для жизни человека и устойчивого функционирования природных систем.

Предельно допустимая антропогенная нагрузка (предельно-допустимое вредное воздействие ПДВВ) – это антропогенная нагрузка, длительное воздействие которой не приводит к изменению экосистемы. Нормы допустимого воздействия, как и другие экологические нормы, не могут

быть едиными для любого типа экосистемы и любых климато-географических условий. Например, предельно допустимая антропогенная нагрузка на водный объект – это такая нагрузка, длительное воздействие которой не приведет к изменению экосистемы водного объекта, а также предельно допустимой массы вредных веществ, которая может поступать в водный объект.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) химического вещества (предельно допустимый уровень воздействия (ПДУ)) – величина концентрации химического вещества в объектах природной среды (уровня воздействия), устанавливаемая в целях охраны здоровья человека и охраны окружающей среды при данном уровне развития науки и техники.

Максимально недействующая концентрация (МНК) – наибольшая концентрация химического вещества, которая еще не вызывает изменений в организме или в окружающей среде.

Пороговая (минимально действующая) концентрация – минимальная концентрация химического вещества, которая вызывает незначительные, но достоверные изменения в организме или в окружающей среде.

Лимитирующий показатель вредности (ЛПВ) – один из признаков вредности химических загрязнителей атмосферного воздуха, воды, почвы, пищевых продуктов, определяющий преимущественное неблагоприятное воздействие и характеризующийся наименьшей величиной (неэффективной) концентрации (дозы).

Норматив качества окружающей среды всегда конкретен и основан на определенных признаках:

- объект защиты (человек, растения, технологическое оборудование и т.д.);
- среда, в которой нормируется и контролируется содержание вещества (воздух, вода, почва, биосубстраты человека: кровь, волосы, моча и т.д.);
- критерии вредности (появление заболеваний или скрытной временем компенсированной патологии у человека или его потомства; выход из строя технологического оборудования; снижение продуктивности, пищевой ценности растений и т.д.);
- регламентируемая временная характеристика (воздействие в течение всей жизни, в течение рабочего стажа, в аварийных ситуациях);
- «цена норматива», т.е. последствия, к которым может привести отсутствие или превышение допустимого уровня.

4.2.2 ГИГИЕНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

В основе методологии гигиенического нормирования химических веществ лежат следующие принципы:

1) **принцип безвредности гигиенического норматива**. Это означает, что при обосновании норматива вредного фактора преимущественное значение имеют особенности от воздействия на организм человека и санитарные условия жизни. Доводы об экономической или технологической целесообразности не могут служить основанием для установления норматива на более высоком уровне;

2) **принцип опережения обоснования и осуществления профилактических мероприятий** по сравнению с моментом внедрения, применения вещества. Применение недостаточно изученных вредных веществ сопряжено с риском для здоровья человека и может привести к значительным экономическим потерям из-за задержки производства (запрета), высокой стоимости природоохранных мероприятий, осуществляемых на действующих производствах;

3) **принцип порогового действия**. По мере снижения уровня воздействия вещества должна быть достигнута доза (концентрация), не вызывающая неблагоприятных изменений;

4) **принцип времени воздействия**. Этот принцип неразрывно связан с принципом порогового действия и означает зависимость эффекта от концентрации (дозы) и времени воздействия. Величина дозы и продолжительность воздействия не только определяют время проявления биологического эффекта, но и нередко влияют на его качественные характеристики;

5) **принцип моделирования**. Базовой моделью при исследовании токсических свойств служат экспериментальные животные (мыши, крысы, кролики, птицы, холоднокровные). При этом необходимо создание соответствующих реальных условий поступления веществ в организм (способ и кратность введения, экспозиция, режим воздействия и т.д.), учет возрастных, видовых, половых особенностей чувствительности животных к действию вещества. Значение порога вредного воздействия, установленное в эксперименте на животных, при обосновании ПДК уменьшается на величину коэффициента запаса;

6) **принцип разделения объектов санитарной охраны**. Гигиенические нормативы устанавливаются отдельно для каждого объекта. Это связано со специфичностью и изменчивостью физико-химических свойств воды, почвы, атмосферного воздуха, пищевых продуктов растительного и животного происхождения вследствие возможности миграции из одной среды в другую (переход вещества или его метаболитов из почвы в воду, воздух, растения);

7) **принцип лимитирующего показателя вредности**. Это означает, что величина норматива выбирается на уровне наименьшего из значений концентраций, установленных по различным критериям вредности (принцип учета «слабого звена»);

8) **принцип комплексного гигиенического нормирования.** В реальных условиях человек подвергается сложному многофакторному воздействию. Особенность комбинированного действия веществ учитывается во всех средах (для атмосферного воздуха населенных мест установлены 56 коэффициентов комбинированного действия: 36 бинарных смесей, 20 смесей из 3...5 компонентов);

9) **принцип дифференциации нормативов** с учетом климато-географических условий (данный принцип используется при нормировании фтора в питьевой воде).

10) Принципы гигиенического нормирования химических веществ в определенной степени близки к методологии нормирования других факторов окружающей среды – физических, биологических. Однако особенности их действия на организм определяют и специфичность методов обоснования ПДК и ПДУ.

4.2.3 САНИТАРНАЯ ОЦЕНКА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

Для санитарной оценки воздушной среды используются следующие показатели:

– **ПДКр.з.** – **предельно допустимая концентрация химического вещества в воздухе рабочей зоны, мг/м³.** Эта концентрация при ежедневной (кроме выходных) работе в пределах или другой продолжительности, но не более 41 ч в неделю не должна вызывать заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего или последующего поколений. Рабочей зоной считается пространство высотой 2 м над уровнем пола или площадки, на которой находятся места постоянного или временного пребывания работающих;

– **ПДКм.р.** – **предельно допустимая максимальная разовая концентрация химического вещества в воздухе населенных мест, мг/м³.** Эта концентрация при вдыхании в течение 30 мин не должна вызывать рефлекторных реакций в организме человека;

– **ПДКс.с.** – **предельно допустимая среднесуточная концентрация химического вещества в воздухе населенных мест, мг/м³.** Эта концентрация не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия при неопределенно долгом (годы) вдыхании;

– **ВДКр.з. (ОБУВ)** – **временная допустимая концентрация (ориентировочно безопасный уровень воздействия)** химического вещества в воздухе рабочей зоны, установленная расчетным путем, мг/м³ (временный норматив – на 2 года);

– **ВДКа.в. (ОБУВ)** – **временная допустимая концентрация (ориентировочно безопасный уровень воздействия)** химического вещества в атмосферном воздухе, установленная расчетным путем, мг/м³ (временный норматив – на 3 года);

– **ПДВ** – *предельно допустимый выброс загрязняющих веществ в атмосферу*, при котором обеспечивается соблюдение гигиенических нормативов в воздухе населенных мест при наиболее неблагоприятных для рассеивания условиях, кг/сутки;

– **ПКодор** (лат. odor – запах) – *пороговая концентрация вещества, вызывающая ощущение запаха*, мг/м³;

– **ПКост** – *пороговая концентрация острого действия*, установленная на лабораторных животных при однократном ингаляционном воздействии, мг/л;

– **ПКхр** – *пороговая концентрация хронического воздействия*, установленная на лабораторных животных при ингаляционном воздействии по 4 часа 5 раз в неделю на протяжении 4 месяцев, мг/л;

– **ПКсг.р** – *пороговая концентрация*, вызывающая изменения в характеристике безусловного сгибательного рефлекса у кроликов при 40-минутном ингаляционном воздействии, мг/л;

– **ПКр** – *пороговая концентрация раздражающего действия*, вызывающая соответствующий эффекту человека или экспериментальных животных, мг/л;

– **Кк** – *коэффициент кумуляции* – отношение дозы или концентрации, вызывающей определенный токсический эффект при однократном воздействии, к суммарной дозе или концентрации вещества, вызывающей тот же эффект при многократном воздействии;

– **Зост** – *зона острого действия*, определяемая как отношение ЛК₅₀ к ПКост;

– **Зхр** – *зона хронического действия*, определяемая как отношение ПКост к ПКхр;

– **Зр** – *зона раздражающего действия*, определяемая как отношение ПКост к ПКр.

Регламентируемые величины, как правило, выражаются в массовых концентрациях (в мг/м³), либо в объемных частях на 1 миллион (в ppm):

, мг/м³.

Методологические основы гигиенического нормирования атмосферных загрязнений включают в себя следующие положения:

– допустимой признается только такая концентрация химического вещества в атмосфере, которая не оказывает на человека прямого или косвенного вредного либо неприятного действия, но влияет на его самочувствие и работоспособность;

– привыкание к вредным веществам, находящимся в атмосферном воздухе, рассматривается как неблагоприятный эффект;

– концентрации химических веществ в атмосфере, которые неблагоприятно действуют на растительность, климат местности, прозрачность атмосферы и бытовые условия жизни населения, считаются недопустимыми.

Главными являются первые два критерия вредности. Экологические эффекты атмосферных загрязнений при разработке ПДК учитываются пока редко.

В России и Казахстане устанавливаются нормативы для двух периодов усреднения проб атмосферного воздуха: максимально разовая ПДК_{м.р.} и среднесуточная ПДК_{с.с.} (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – ПДК некоторых атмосферных загрязнителей, мг/м³

Вещество	США[14]	ВОЗ [14]	РФ [14]	Казахстан [15]
Оксид углерода	80	10	3,0	1,0
Озон	0,235	0,1	0,03	0,3
Диоксид серы	0,365	0,35	0,05	0,00005
Диоксид азота	0,1	0,15	0,04	0,04
Свинец	0,0015	0,001	0,0017	0,0003
Кадмий	-	1 – 5	0,001	0,0003
Формальдегид	-	0,1	0,003	0,03
Ртуть	-	0,001	0,0003	0,001
Стирол	-	0,8	0,002	0,002

ПДК_{м.р.} (время осреднения пробы 20...30 минут) направлены на предупреждение рефлекторных реакций, связанных с пиковыми, кратковременными подъемами концентраций вредных веществ.

ПДК_{с.с.} (время осреднения пробы 24 часа) предназначена для предотвращения хронического воздействия атмосферных загрязнений, вызывающих общетоксический или специфический эффект.

Установление ПДК среднемесячных, среднегодовых сдерживается несовершенством систем мониторинга содержания примесей в атмосфере.

Две трети всех нормированных веществ ПДК в атмосферном воздухе установлены исходя из их рефлекторного действия (пороги запаса или рефлекторного действия). Поэтому последствия превышения ПДК некоторых

веществ могут ограничиваться появлением жалоб населения на посторонние запахи, но при этом риск развития токсических эффектов будет незначительным.

Во многих странах для установления стандарта учитываются главным образом эпидемиологические данные о влиянии загрязнений атмосферного воздуха на здоровье населения. В нашей стране используется экспериментальный подход. Проведение эксперимента с точно заданными условиями не только обеспечивает большую точность полученных данных, но, главное, позволяет устанавливать контролирующие показатели, не дожидаясь появления неблагоприятных последствий для здоровья населения.

На первом этапе эксперимента изучаются пороговые концентрации рефлекторного действия – порог запаха, и в некоторых случаях, порог раздражающего действия. Эти исследования проводятся с добровольцами на специальных установках, обеспечивающих подачу в зону дыхания строго дозируемых концентраций химических соединений. В результате статистической обработки полученных материалов устанавливается пороговая величина. Эти материалы затем используются для обоснования ПДКм.р.

На втором этапе исследования изучается резорбтивное действие соединений в условиях длительных экспозиций на подопытных животных (обычно беспородных половозрелых белых крысах обоего пола). Хронический эксперимент в специальных затравочных камерах длится не менее 4 месяцев. Если в эксперименте для обоснования ПДКр.з. животные могут находиться в камерах лишь ограниченное время (4 ч. в сутки), то при моделировании воздействия атмосферных загрязнений животные должны находиться в камерах круглосуточно. Поэтому в камерах необходимо соблюдать более жесткие санитарные условия (устойчивый вентиляционный режим, уборка и т.п.).

Важным моментом является выбор исследуемых концентраций. Обычно выбирают три концентрации: первая – на уровне порога запаха, вторая – в 3...5 раз выше и третья – в 3...5 раз ниже. Если исследуемое вещество не обладает запахом, то концентрации для токсикологического эксперимента рассчитывают по формулам, опирающимся на регламентируемые гигиенические, токсикометрические показатели или на физико-химические параметры и особенности структуры вещества.

При проведении эксперимента производится отбор тестов, адекватных механизму действия изучаемого соединения, а также интегральных тестов, характеризующих проявление защитно-приспособительных реакций.

ПДК атмосферных загрязнений устанавливается по лимитирующему показателю – по уровню концентрации, которая оказалась наименьшей при

использовании различных тестов. В качестве пороговых принимаются концентрации, которые вызывают ощущение запаха, раздражающее действие, специфические проявления или какие-либо другие реакции, которые могут рассматриваться как защитно-приспособительные. Большое внимание уделяется возможности появления отдаленных последствий (эмбриотропного, гонадотропного, канцерогенного, мутагенного и др.).

Значительное распространение получают сейчас методы экспрессного регламентирования атмосферных загрязнений. В одномесечном эксперименте получают кривые зависимости «концентрация – время», которые экстраполируются на логарифмической сетке до точки, соответствующей 2880 ч., т.е. четырехмесячному хроническому эксперименту. Таким образом, время эксперимента уменьшается в 4 раза. Постоянной величиной здесь является эффект, а переменными – концентрация и время. При определении эффекта принимается первое статистически достоверное изменение биологических показателей у лабораторных животных. Животные подвергаются непрерывному воздействию 4...5 различных концентраций, причем наивысшая из них должна дать достоверные изменения уже в первые часы исследований. Наибольшая концентрация выбирается, как правило, на уровне порога острого действия или соответствует $(0,5 \dots 0,1) \text{ЛК}_{50}$.

При проведении эксперимента с ранее неизученными веществами подбор максимальных концентраций производится по аналогии с подобными по химической структуре веществами.

Этот метод позволяет прогнозировать последующие концентрации, эффект от действия которых наступит в более отдаленные сроки (сутки, неделя, месяц). Если при применении наивысших концентраций, действие которых может наступить через считанные часы после начала опыта, интервалы между затравками должны составлять десять минут или даже минуты, то в дальнейшем, при применении более низких концентраций, эффект от которых ожидается спустя дни или недели, эти интервалы могут быть значительно увеличены.

Для экспрессного регламентирования важен также подбор тестов, наиболее адекватно отражающих токсическое действие изучаемого соединения. Для большей эффективности эксперимента статистическая обработка должна проводиться сразу же после каждого определения биологических показателей у каждой данной группы животных. На основе полученных данных определяется время наступления первого статистически достоверного изменения каждого показателя при воздействии каждой концентрации.

Результаты краткосрочного эксперимента анализируются графически на двойной логарифмической сетке, по оси абсцисс которой откладываются значения концентраций, а по оси ординат время наступления эффектов. Прямые зависимости «концентрация – время», полученные по наиболее достоверным тестам могут иметь различные углы наклона к оси абсцисс (концентрациям). Пороговые концентрации устанавливаются по прямым зависимостям «концентрация – время» путем экстраполяции их на 4-месячный срок хронического эксперимента. Для установления порога хронического действия, соответствующего классическому хроническому эксперименту, из точки прямой зависимости «концентрация – время», соответствующей 2880 ч, опускают перпендикуляр к оси абсцисс. Точка пересечения перпендикуляра с осью абсцисс будет соответствовать порогу хронического действия. Таким образом могут быть установлены дифференцированные (по времени) значения ПДК, в том числе среднегодовые, соответствующие ПДКс.с.

4.2.4 НОРМИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

В отличие от атмосферных загрязнений, действующих круглосуточно на все группы населения, в том числе детей, больных, промышленные химические вещества воздействуют на рабочих в течение всей рабочей смены. Это трудоспособные люди, прошедшие перед приемом на работу соответствующий осмотр и затем периодически проходящие его в разные периоды работы.

ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны определяется как концентрация, которая при ежедневной работе (кроме выходных) за весь период деятельности не вызывает заболеваний или отклонений в здоровье не только работающего, но и его потомков, и которые могут быть обнаружены современными методами исследования, причем не только во время работы, но и в отдаленные сроки жизни.

Различают максимально разовые и среднемесячные ПДК. Первые устанавливаются для всех без исключения химических веществ, используемых в промышленности или в сельском хозяйстве. Среднесменные ПДК разрабатывают для химических веществ, обладающих выраженными кумулятивными свойствами и поэтому способных вызывать хронические отравления. В зависимости от особенностей вредного вещества в списки ПДК вносят пометки об опасности вещества при попадании на кожу и слизистые оболочки глаз, алергизирующем, канцерогенном и других действиях.

В последние годы для контроля суммарного воздействия химических веществ предложено использовать тесты экспозиции и биологические ПДК, основанные на измерении концентрации исходного химического соединения или его метаболитов в биологических средах (кровь, моча, волосы, ногти). Однако как у нас в стране, так и за рубежом биологические ПДК пока не получили должного распространения.

В отличие от нашей страны, гигиенические нормативы в США (допустимые нормы воздействия - PEL) устанавливаются не только с учетом медико-биологических критериев, но и экономической, и технологической достижимости стандартов. В большинстве случаев эти нормативы обоснованы на немногочисленных и весьма противоречивых данных о случаях острого отравления на производстве. Только для нескольких десятков химических соединений PEL установлены на основе порогов хронического действия. Этим, главным образом, объясняются существенные расхождения в величинах гигиенических нормативов многих веществ в России, Казахстане и США. Вместе с тем PEL для ряда химических соединений, обладающих канцерогенным или аллергизирующим действием, установлены на более низком уровне по сравнению с ПДК. Данное обстоятельство подчеркивает необходимость унифицирования критериев и принципов гигиенического нормирования.

Гигиеническое регламентирование химических соединений в воздухе рабочей зоны, как правило, проводится в три этапа:

- 1) обоснование временно допустимых концентрации (ВДК) или ориентировочно безопасного уровня воздействия (ОБУВ);
- 2) обоснование ПДКр.з.;
- 3) корректировка ПДКр.з. путем анализа условий труда работающего и состояния его здоровья.

В основе регламентирования ПДКр.з лежит принцип пороговости вне зависимости от характера действия – общетоксического, раздражающего, канцерогенного, мутагенного, аллергенного и т. п. Для установления ПДКр.з токсикологическое исследование проводится в полном объеме. Это положение в первую очередь относится к соединениям: а) подлежащим широкому внедрению в практику, б) относящимся к малоизученным и неизученным, в) опасным с точки зрения развития отдаленных и тяжелых последствий.

Обоснование ПДКр.з должно быть закончено к периоду полужаводских испытаний и, несомненно, должно предшествовать проектированию производств. Только в этом случае возможно наиболее эффективное обеспечение благоприятных условий труда и охраны окружающей среды.

Для обоснования ПДКр.з необходимы следующие сведения и экспериментальные данные: 1) об условиях производства и применения

вещества и о его агрегатном состоянии при поступлении в воздух; 2) о химическом строении и физико-химических свойствах вещества (формула, молекулярная масса, плотность, точки плавления и кипения, давление паров при 20 °С и насыщающей концентрации, химическая стойкость – гидролиз, окисление и др., растворимость в воде, жирах и других средах, растворимость газов в воде, показатель преломления, поверхностное натяжение, энергия разрыва связей); 3) о токсичности и характере действия химических соединений при однократном воздействии на организм.

Эти данные получают экспериментально, вводя изучаемое соединение в организм животных различными способами. При этом наиболее надежные результаты могут быть получены при ингаляционном поступлении химических соединений в организм. Вещества должны подаваться в том же агрегатном состоянии, в каком они находятся в производственном помещении. Время «затравки» для мышей – 2 ч, для крыс – 4 ч. Время наблюдения за животными 2 недели, в течение которых описывается характер токсического действия, отмечается гибель животных, по итогам патологоанатомического вскрытия выявляются патологические изменения в органах и тканях.

Наиболее важный и ответственный этап при установлении ПДКр.з - выявление минимальной пороговой концентрации в хроническом эксперименте. Опыты проводятся в специальных затравочных камерах, выполненных из материалов, стойких к воздействию физических и химических факторов (стекло, фторопласт, нержавеющая сталь и др.). Размеры камер должны обеспечивать достаточную подвижность животных, оптимальный воздухообмен. При живой массе тела животных 1 кг (5...6 крыс, 40...50 мышей) объем воздуха в камере должен быть 15 дм³, а объем подаваемого воздуха – 5 дм³/мин [14]. Воздух подается в камеры специальными компрессорами или вентиляторами высокого давления. Он должен быть очищен от примесей и приведен к оптимальным характеристикам: температура 20...25 °С, влажность 70...75 %.

Необходимые концентрации химических веществ создаются с помощью специальных дозаторов, тип и конструкция которых зависят от агрегатного состояния вещества (пары, аэрозоли) и особенностей их физических и химических свойств. Основные требования, предъявляемые к дозаторам – создание стабильных концентраций и адекватность агрегатного состояния вещества в камере состоянию его в рабочей зоне. При подаче веществ в камеры и распределении их в воздушной среде внутри камер должна быть максимально уменьшена возможность попадания химических соединений на шерстяной покров животных, а также в органы пищеварения.

Хроническое действие химических соединений изучается в 4...6 месячном эксперименте на группах животных, одинаковых по числу особей и равноценных по основным показателям.

Определение пороговых величин в хроническом эксперименте – очень важная задача, так как их оценка позволяет выявить особенности действия химического соединения, явления адаптации и компенсации, определить статистическую достоверность изменений (они служат основой для выбора значений ПДК).

Переход к ПДК от пороговых величин осуществляется при помощи коэффициентов запаса, которые могут колебаться в пределах от 3 до 20. Его более высокие значения применяются при увеличении абсолютной токсичности, при увеличении значения КВИО, при уменьшении зоны острого действия, при увеличении коэффициента кумуляции, при увеличении зоны биологического действия, при значительных различиях в видовой чувствительности подопытных животных, при выраженном кожно-резорбтивном действии (резорбция – всасывание).

Для производственных помещений, в которые возможно поступление в воздушную среду рабочей зоны химических веществ I и II классов опасности, предусматриваются наиболее строгие санитарные меры по размещению оборудования, выделению чистых зон, вентиляции.

4.2.5 САНИТАРНАЯ ОЦЕНКА ВОДЫ ВОДОЕМОВ

Для санитарной оценки воды водоемов используются следующие показатели:

– *ПДК_в - предельно допустимая концентрация химического вещества в воде водоема, мг/л.* Эта концентрация 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;

– *ПДК_{вр} – предельно допустимая концентрация химического вещества в воде водоема, используемого для рыбохозяйственных целей, мг/л;*

– *ВДК_в (ОБУВ) – временная допустимая концентрация (ориентировочный безопасный уровень воздействия) химического вещества*

в воде установленная расчетным путем, мг/л (временный норматив – на 3 года).

– **ЛД₅₀ (ДЛ₅₀)** – *летальная доза химического вещества*, вызывающая при введении в организм гибель 50 % группы животных, мг/кг;

– **ППКт (МНК)** – *подпороговая доза (максимально недействующая доза)* химического вещества, определяемая по санитарно-токсикологическому признаку при поступлении в организм химических веществ с водой, мг/кг;

– **ППКорл** – *подпороговая концентрация (0...1 балл) химического вещества в водоеме, определяемая по органолептическим показателям (запах, привкус)*;

– **ППКс.р.в.** – *подпороговая концентрация вещества, не влияющая на санитарный режим водоема*, т.е. на сапрофитную микрофлору, биологическую потребность в кислороде и др., мг/л.

Для установления возможности сброса сточных вод через биологические очистные сооружения и определения эффективности применения биохимического метода очистки необходимо ориентироваться на следующие показатели:

– **МКб** – *максимальная концентрация вещества*, которая при постоянном воздействии в течение сколь угодно длительного времени не вызывает нарушения биохимических процессов. По этой характеристике нельзя сделать вывод, разрушается ли вещество при прохождении через биологические очистные сооружения;

– **МКб.о.с.** – *максимальная концентрация вещества, не влияющая на работу биологических очистных сооружений* при обеспечении оптимального режима биохимического окисления, мг/л. Значения МКб.о.с. зависят от технологического и деструктивного оформления процесса очистки и от способности химического соединения разрушаться под действием микроорганизмов;

– **БПК** – *биохимическая потребность в кислороде*, или количество кислорода использованного при биохимических процессах окисления органических веществ (не включая процессы нитрификации) за определенное время инкубации пробы (2, 5, 10, 20 суток), мг O₂/мг вещества (БПК – за 20 суток, БПК₅ – за 5 суток);

– **ХПК** – *химическая потребность в кислороде*, определенная бихроматным методом, т.е. количество кислорода,

эквивалентное количеству расходуемого окислителя, необходимого для окисления всех восстановителей, содержащихся в воде, мгО₂/мг вещества.

Возможность биохимического окисления можно установить по показателям ХПК и БПК: при отношении

соединения поддаются биохимическому окислению.

Особенности нормирования химического вещества в водной среде обусловлены несколькими факторами:

- с гигиенических позиций оценивается уровень загрязнения воды, предназначенной для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения;
- нормативы качества воды распространяются не на весь водный объект, а только на пункты водопользования населения;
- при нормировании химических веществ учитывается как непосредственное влияние химических загрязнителей на организм (санитарнотоксикологический показатель вредности), так и их влияние на органолептические свойства воды и процессы самоочищения воды водоемов;
- для всех водных объектов, используемых населением (поверхностные и подземные воды, питьевая вода, вода систем горячего водоснабжения), устанавливаются единые гигиенические нормативы (ПДК, ОДУ).

К особенностям гигиенического нормирования химических веществ в водной среде относится необходимость соединений, процессов их трансформации (превращений). При этом проводится оценка влияния на водный объект и организм млекопитающих не только исходных веществ, но и продуктов их деструкции и трансформации.

В качестве ПДК принимается наименьшая концентрация из пороговых уровней, установленных по равным критериям вредного действия (ЛПВ).

Более чем для половины всех нормированных веществ ПДК в воде устанавливается на основе органолептических свойств воды (окраски, запаха, вкуса) или по общесанитарным показателю и режиму.

Исследование влияния вредных веществ на общий санитарный режим водоемов имеет своей целью предупредить нарушения процессов самоочищения воды водоемов в основном от органических загрязнений в сточных водах, т.е. тех водах, которые отводятся после использования в бытовой и производственной деятельности человека.

4.2.6 НОРМИРОВАНИЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Природная вода из водоемов и водотоков содержит продукты метаболизма гидробионтов и различные химические вещества природного происхождения, причем они могут поступать извне или образовываться в водной среде. Многие из них могут быть токсичными. Под водоемом следует понимать водный объект в углублении суши, который характеризуется замедленным движением воды или полным его отсутствием, а водотоком называют водный объект, характеризующийся движением воды в направлении уклона в углублении земной поверхности. В воде содержатся элементы: азот, фосфор, железо, углерод, растворенные газы (кислород, углекислота) и могут находиться опасные для человека микроорганизмы.

Питьевая вода при любом типе водисточника (в том числе и из подземных), способе обработки и конструктивных особенностях водопроводной сети должна отвечать ряду гигиенических требований: быть безопасной в эпидемическом и паразитическом отношении, безвредной по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства. Гигиенические требования к питьевой воде включают нормативы по микробиологическим, паразитологическим, токсикологическим, органолептическим показателям и показателям радиоактивного загрязнения.

Безопасность воды в эпидемическом отношении определяется степенью общего бактериального загрязнения и содержанием бактерий группы кишечной палочки.

Самым общим санитарным показателем является наличие в воде определенного количества микроорганизмов в единице объема. Этот показатель обычно определяют микробиологическими методами путем высева небольшого объема исследуемого образца воды (0,1 мл) на плотную питательную среду (чаще всего желатин) и последующего подсчета выросших микробных колонн в течение суток при температуре 28...30 °С. Содержащиеся в воде микроорганизмы размножаются на плотной питательной среде: из каждой клетки образуются видимые невооруженным глазом клоны. Подсчитанное число микроорганизмов в расчете на 1 мл исследуемой воды называют **общим микробным числом**.

С точки зрения предотвращения инфекционных болезней необходимо выявить в воде наличие их возбудителей, т.е. патогенных микроорганизмов. К ним в первую очередь относят кишечные палочки и энтерококки. Для количественной характеристики содержания кишечной палочки используют

следующие показатели: коли-индекс, коли-титр (фекальные коли-формы), коли-фаги.

Коли-индекс – это количество кишечных палочек в единице объема исследуемой воды. Коли-индекс определяют путем пропускания воды через мембранный ультрафильтр, последующего помещения этого фильтра на плотную питательную среду и инкубации в термостате. Выросшие колонны окрашивают и подсчитывают.

Коли-титр – это наименьшее количество воды (материала), в котором содержится хотя бы одна кишечная палочка. Коли-титр выражают в безразмерных единицах. Например, если коли-титр равен 250, в 250 мл воды содержится 1 кишечная палочка.

Для перехода коли-титра в коли-индекс надо число 1000 разделить на величину коли-титра.

Коли-титр применяется для характеристики водоемов, куда могли попасть сточные воды.

Согласно ГОСТу 2874-82 «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством» [16] питьевая вода должна иметь микробное число не более 100, коли-индекс – не выше 3, коли-титр – не менее 300.

Органолептические свойства воды характеризуются:

– интенсивностью допустимого изменения запаха, привкуса, цветности и мутности воды;

– содержанием химических веществ, которые в наименьших концентрациях ухудшают органолептические свойства воды.

Вкус воды обусловлен растворимыми в ней веществами. Часто неприятный привкус и запах сообщают воде продукты разложения животных и растительных организмов, например, сероводород. Кислород, диоксид углерода, небольшое количество гидрокарбоната кальция, растворенного в воде, наоборот, придают освежающий вкус. Питьевая вода в любое время года не должна содержать кислорода менее чем - $4 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$. При этом концентрация минеральных примесей не должна превышать ($\text{в мг} \cdot \text{м}^{-1}$):

- хлоридов (Cl^-) – 350;
- сульфатов (SO_4^{2-}) – 500;
- железа ($\text{Fe}^{3+} + \text{Fe}^{2+}$) – 0,3;
- марганца (Mn^{2+}) – 0,1;
- меди (Cu^{2+}) – 1,0;
- цинка (Zn^{2+}) – 5,0;
- алюминия (Al^{3+}) – 0,5;
- метафосфатов (PO_3^-) – 3,5;

- фосфатов (PO_4^{3-}) – 3,5;
- сухого остатка – 1000.

Таким образом, вода пригодна для питья, если ее общая минерализованность не превышает 1000 в $\text{мг}\cdot\text{л}^{-1}$. Очень малая минерализованность воды (ниже $100 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$) тоже ухудшает ее вкус.

Запах воды зависит от химического состава примесей и от растворенных в ней газов. Различают запахи естественного происхождения (от живущих и отмирающих в ней организмов, воздействия почв и грунтов, срубов колодцев) и запахи искусственного происхождения (от случайного попадания сточных вод, от реагентов, используемых для обработки воды). Интенсивность запаха оценивают по пятибалльной системе, причем для питьевой воды при температуре $20\dots 60 \text{ }^\circ\text{C}$ она не должна превышать двух баллов при пятибалльной системе.

Цветность воды определяют колориметрически, сравнивая ее с эталонной шкалой (платино-кобальтовой или кобальто-дихроматной), имитирующей эту цветность. Окраска питьевой воды по этим шкалам не должна превышать 20 условных градусов.

Исследования органолептических свойств воды (окраски, запаха, привкуса) имеет большое значение, так как ухудшение этих свойств легко обнаруживается и ведет к резкому снижению пользования водоисточником. Устранить же эти недостатки обычными методами очистки практически не удается.

Пороговые значения концентрации химических соединений, влияющие на запах и привкус воды, могут быть установлены массовым и бригадным методами. Более информативен бригадный метод, при котором испытуемые отбираются заранее по их способности к восприятию запахов.

Степень прозрачности (или, напротив, мутность) воды зависит от количества содержащихся в ней взвешенных частиц. Взвеси, содержащиеся в воде, не только портят ее вкус, но и служат благоприятной средой для развития болезненных бактерий. Поэтому стандарт строго ограничивает их содержание: в водопроводной воде концентрация взвешенных веществ не должна превышать $1,5 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$.

Нормируется также величина рН. В питьевой воде величина рН не должна выходить за пределы $6,0\dots 9,0$ [16].

Содержание в питьевой воде большого количества растворимых солей магния и кальция ухудшает ее вкус и обуславливает жесткость воды.

Жесткая вода неприменима в ряде отраслей промышленности. Жесткость воды неблагоприятно сказывается и при бытовом ее использовании (труднее развариваются продукты, уменьшается их питательная ценность, выходит из строя бытовая техника, ухудшается моющая способность). Употребление жесткой среды способствует развитию ряда заболеваний. Допускаемая жесткость питьевой воды не выше 7 ммоль [16].

Различают *постоянную, временную и общую жесткость*.

Постоянная (некарбонатная) жесткость обуславливается содержанием сульфатов, хлоридов и других (кроме бикарбонатов) солей. При кипячении воды они остаются в растворе.

Временная жесткость (устраняемая, карбонатная) – обуславливается содержанием бикарбонатов, которые при кипячении переходят в нерастворимые в воде карбонаты (в осадок) и вода умягчается:

Общая жесткость обуславливается общим содержанием солей кальция и марганца и представляет сумму из постоянной и временной жесткости.

Жесткость воды выражают также в мг·эquiv/л.

Важным показателем качества питьевой воды является содержание в ней органических веществ, которые обладают свойством разлагаться. Применяют показатели, характеризующие способность воды окислять органические вещества. Общее количество содержащихся в воде органических веществ характеризуется ее окисляемостью. Эти показатели определяют по убыли кислорода в сосуде.

При этом определяют две группы веществ: легкоокисляемые и трудноокисляемые. К трудноокисляемым относится, в частности, гумус, который и придает воде желтоватую окраску и снижает органолептические качества.

Наиболее полное окисление достигается при использовании бихромата калия. Этот показатель называется химическим потреблением кислорода, который не должен превышать 15 мг/л кислорода. Количество биологически окисляемых органических веществ определяют по биохимическому потреблению кислорода (БПК). БПК определяют по уменьшению количества кислорода в исследуемой воде в расчете на 1 л за 5 или 20 суток инкубации воды в закрытом сосуде.

Токсикологические показатели питьевой воды. Для воды установлены предельно допустимые концентрации более чем 960 химических соединений, которые объединены в три группы по следующим лимитирующим показателям (ЛПВ): санитарно-токсикологическому (с.-т.), общесанитарному (общ.), органолептическому (орг.).

В основу гигиенического норматива – ПДКв – берут максимальные загрязнения в воде водоемов, при которых сохраняются безопасность для здоровья человека и нормальные условия водопользования.

Сброс сточных вод в водоемы должен быть максимально ограничен. Следует помнить, что для подавляющего числа химических соединений, поступающих в водоемы, нет способов удаления при очистке воды, поэтому превышать установленные для воды нормативы нельзя.

В основе регламентирования концентрации вредных химических соединений в воде лежат следующие три основных критерия вредности: а) влияние на общий санитарный режим водоема; б) влияние на органолептические свойства воды; в) влияние на здоровье населения.

Исследования влияния вредных веществ на общий санитарный режим водоемов имеют своей целью предупредить нарушения процессов самоочищения воды водоема в основном от органических загрязнений в сточных водах. При этом определяются интенсивность процессов биохимического потребления кислорода (БПК), интенсивность процессов минерализации азотсодержащих веществ, интенсивность развития и отмирания водной сапрофитной микрофлоры.

Наиболее важным и сложным является изучение влияния химических соединений в воде водоемов на здоровье человека. Санитарно-токсикологическое исследование ставит целью обнаружение максимальной недействующей дозы (концентрации) вредного вещества в условиях длительного воздействия на организм животных. Как правило, хронический эксперимент ведется на белых беспородных крысах, и лишь в том случае, когда имеется значительная разница в видовой чувствительности, выбирается также другой вид животных. Для опыта берут концентрации, различающиеся в 5...10 раз. Продолжительность опыта не менее 6 месяцев. Отбираются тесты, оказавшиеся наиболее эффективными в предшествующем подостром эксперименте. Наряду со специфическими широко применяются тесты, отражающие функциональное состояние организма. Для выявления минимальных эффектов загрязнителей среди неспецифических показателей особое место занимает метод условных рефлексов. Более 60 % утвержденных ПДКв, в том числе почти все регламенты, установленные по санитарно-токсикологическому признаку вредности, были обоснованы с использованием метода условных рефлексов.

Если отношение между LD_{50} химического соединения к его пороговой концентрации по органолептическому признаку вредности составляет около 500 тыс. до 1 млн. и выше, то проводить токсикологический эксперимент нецелесообразно, так как величина ПДКв для подобных веществ лимитируется подпороговой концентрацией по органолептическому признаку.

4.2.7 САНИТАРНАЯ ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В ПОЧВЕ

Для санитарной оценки химических соединений в почве используется показатель: ***ПДКп - предельно допустимая концентрация химического вещества в пахотном слое почвы, мг/кг.*** Эта концентрация не должна вызывать прямого или косвенного отрицательного влияния на соприкасающиеся с почвой среды и здоровье человека, а также на самоочищающую способность почвы. Например, ПДК пестицидов в почве — максимальное содержание остатков пестицидов, при которых они мигрируют в сопредельные среды в количествах, не превышающих гигиенические нормативы, а также не влияют отрицательно на биологическую активность самой почвы.

В случае отсутствия ПДКп оценка производится сопоставлением содержания химических веществ в загрязненных (исследуемых) и контрольных образцах почвы.

При обосновании ПДКп ориентируются на следующие показатели, определяемые экспериментально:

– **МА – миграционный воздушный показатель вредности**, характеризующий переход химического вещества из пахотного слоя в атмосферу в количестве, при миграции которого не происходит превышения величины ПДК для атмосферного воздуха, мг/м;

– **МВ – миграционный водный показатель вредности**, характеризующий переход химического вещества из пахотного слоя в подземные грунтовые воды и поверхностные водоисточники, мг/л;

– **ТВ – транслокационный показатель вредности химического вещества для почвы**, характеризующий способность вещества переходить из пахотного слоя почвы через корневую систему растений и накапливаться в его зеленой массе и плодах в количестве, не превышающем ПДК для данного вещества в пищевых продуктах, мг/л;

– **ОС – общесанитарный показатель вредности**, характеризующий влияние химического вещества на самоочищающую способность почвы и

почвенный микробиоценоз, в количествах, не изменяющих указанные процессы, мг/кг;

– ВДКп (ОДК) – *временная допустимая концентрация (ориентировочная допустимая концентрация)* химического соединения в почве, установленная расчетным путем (временный норматив – на 3 года).

Принципы нормирования химических соединений в почве – установление ПДКп – значительно отличаются от принятых для воздуха рабочей зоны, атмосферного воздуха и воды водоемов. Отличие объясняется тем, что поступление вредных веществ в организм непосредственно из почвы имеет место в исключительных случаях и в незначительных количествах. В основном химические соединения, находящиеся в почве, могут поступать в организм через контактирующие с почвой среды (воздух, вода, растения).

Нормирование вредных веществ, находящихся в почве, проводится в два этапа: первый этап проводится на лабораторных моделях, второй – в полевых условиях. Исследование начинается со сбора информации о фоновых концентрациях вещества, путях его поступления в почву, физико-химических свойствах, параметрах токсичности, механизме действия и методах определения вещества. Затем определяется стойкость химического соединения в почве; устанавливается допустимая концентрация химического вещества в почве, гарантирующая переход его в растения в количестве, не превышающем ПДКпр (для продуктов питания); определяется допустимая концентрация химического вещества в почве (для летучих веществ), гарантирующая переход в атмосферный воздух в количестве, не превышающем установленных ПДК для атмосферного воздуха; определяется допустимая концентрация химического вещества в почве, гарантирующая переход его в грунтовые воды в количестве, не превышающем ПДК для воды водоемов; определяется допустимая концентрация химического вещества в почве, не влияющая на процессы самоочищения и почвенный микробиоценоз.

На основании этих исследований устанавливается лимитирующий показатель вредности и ПДКп. Санитарно-токсикологические исследования необязательны, так как они проводились для подавляющего числа химических соединений, попадающих в почву при установлении регламентируемых показателей в других средах.

Химическое загрязнение почвы – это изменение химического состава почвы в результате антропогенной деятельности, способное вызвать ухудшение ее качества.

Контроль загрязненности почв – проверка соответствия концентраций загрязняющих веществ установленным нормам и требованиям в виде ПДК и ОДК в почве.

При проведении контроля загрязнения почв химические вещества в соответствии с ГОСТ 17.4.1.02-83 подразделяют на три класса по степени опасности: первый – высокоопасные, второй – умеренно опасные, третий – малоопасные.

Класс опасности устанавливается не меньше, чем по трем показателям, приведенным в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Класс опасности загрязняющих веществ для почвы

Показатель	Нормы для классов опасности		
	1-го	2-го	3-го
Токсичность, ЛД ₅₀	до 200	200...1000	свыше 1000
Персистентность в почве, мес.	свыше 12	6...12	менее 6
ПДК в почве, мг/кг	менее 0,2	0,2...0,5	свыше 0,5
Миграции	мигрирует	слабо мигрирует	не мигрирует
Персистентность в растениях, мес.	3 и более	1...3	менее 1
Влияние на пищевую ценность сельскохозяйственной продукции	сильное	умеренное	нет

Из пестицидов отнесены:

- к первому классу: атразин, ГХЦТ, ДНОК, ДДТ, метафос и др.;
- ко второму классу: далапон, карбофос, кельтан, нитрафен, симазин, хлорофос и др.;
- к третьему классу: дилор, поликарбозин, цинеб и др.

Из веществ, попадающих в почву с выбросами, сбросами, отходами отнесены:

- к первому классу: мышьяк, кадмий, ртуть, селен, свинец, цинк, фтор, бенз(а)пирен;
- ко второму классу: бор, кобальт, никель, молибден, медь, сурьма, хром;
- к третьему классу: барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций, ацетофенон.

Установленные в настоящее время нормативы содержания пестицидов в почве приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – ПДК пестицидов в почве, мг·кг⁻¹ в воздушно-сухой почве (СанПиН 42-128-4275-87)

Пестицид	ПДК	Пестицид	ПДК
Агелон	0,15	Карбофос	2,0
Акрекс	1,0	Линурон	1,0
Атразин	0,5	Метатион	1,0
Базудин	0,1	Метафос	0,1
Бетанал	0,25	Монурон	0,3
Гамма-ГХЦГ (линдан)	0,1	Политриазин	0,1
ГХЦГ	0,1	Полихлоркамфен	0,5
Гептахлор	0,05	Полихлорпинен	0,5
Гетерофос	0,05	Пропанид	1,5
Глифосат	0,5	Ронит	0,8
2,4 D (кислота)	0,1	Севин	0,05
2,4 D (дихлорфенол)	0,05	Семерон	0,1
2,4 D (аминная соль)	0,25	Симазин	0,2
2,4 D (бутиловый эфир)	0,15	Фосфамид	0,3
2,4 D (критиловый спирт)	0,15	Фталофос	0,1
2,4 D (октиловый эфир)	0,15	Хлорофос	0,5
Иодофенфос	0,5		

Много внимания уделяется разработке нормативов содержания в почве тяжелых металлов (ТМ), которые негативно влияют на почвенные процессы, плодородие почвы и качество сельскохозяйственной продукции. Восстановление биологической продуктивности почв, загрязненных тяжелыми металлами – одна из наиболее сложных проблем охраны биоценозов. В США при определении допустимого поступления ТМ в почву учитывают ее поглотительную способность. В нашей стране опытным путем установлено, что опасные для растения концентрации ТМ зависят от генетического типа почвы. Доказано, что основными показателями, влияющими на накопление ТМ в почвах, являются кислотно-основные свойства и содержание гумуса. Учесть все разнообразие почвенно-геохимических условий при установлении ПДК ТМ практически невозможно. В настоящее время для ряда тяжелых металлов установлены ориентировочно-допустимые количества (ОДК) их содержания в почвах (таблица 4.4).

Таблица 4.4 – ОДК (ПДК) тяжелых металлов в почве, мг·кг⁻¹

Металл	ОДК (ПДК)	Форма элемента
Мышьяк	2,0	Валовое содержание
Ртуть	2,1	То же

Металл	ОДК (ПДК)	Форма элемента
Свинец	32,0	- // -
Свинец + ртуть	20,1 + 1,0	- // -
Хром (VI)	0,05	- // -
Марганец	1500	- // -
Ванадий	150	- // -
Марганец + ванадий	1000 + 100	- // -
Сурьма	4,5	- // -
Медь	3,0	Подвижные соединения
Никель	4,0	То же
Цинк	23,0	- // -
Кобальт	5,0	- // -

В таблице 4.5 показано влияние тяжелых металлов на состояние здоровья.

Таблица 4.5 – Влияние тяжелых металлов питьевой воды и атмосферы окружающей среды на состояние здоровья [14]

Компоненты состава воды и воздуха	ПДК	Биологический эффект при избыточном поступлении в организм или превышение ПДК
Алюминий	0,5 мг/л	Нейротоксическое действие
Барий	0,1 мг/л	Воздействие на сердечно-сосудистую и кроветворную системы
Бериллий	0,001 мг/м ³	Бериллиоз, легочная и сердечная недостаточность, дерматит, конъюнктивит (развитие в легких диссеминированного гранулематозного процесса с клиникой бронхиолита)
Бор	0,5 мг/л	Снижение репродуктивной функции у мужчин, нарушение овариально-менструального цикла (ОМЦ) у женщин, углеводного обмена, активности ферментов, раздражение желудочно-кишечного тракта
Железо	0,3 мг/л	Аллергические реакции, болезни крови.
Кадмий	0,001 мг/л	Болезнь Итай-итай, увеличение кардиоваскулярных заболеваний (КВЗ), почечной, онкологической заболеваемости (ОЗ), нарушение ОМЦ, течения беременности и родов, мертворождаемость, повреждение костной ткани,

		поражение дыхательных путей (желтая кайма на деснах и вокруг шейки зуба)
Кобальт	0,1 мг/л 0,5 мг/м ³	Нарушение функционального состояние ЦНС и щитовидной железы Хронический ринофаринголарингит с гипо- и аносмией
Марганец	0,1 мг/л 0,3 мг/м ³	Анемия, нарушение функционального состояния ЦНС (астенические расстройства: утомляемость, сонливость, снижение активности)
Медь	1,0 мг/л	Наличие врожденных заболеваний, изменение водно-солевого и белкового обменов, окислительно-восстановительных реакций крови, нарушение ОМЦ, течения родов и лактации, поражение печени и почек
Молибден	0,25 мг/л	Увеличение КВЗ, заболеваемости подагрой, эндемическим зобом, нарушение ОМЦ
Мышьяк	0,05 мг/л 0,05 мг/м ³	Арсеноз, нейротоксическое действие, поражение кожи, ОЗ Трофические поражения кожи – пигментация, шелушение, гиперкератозы, выпадение волос
Никель	0,1 мг/л 0,5 мг/м ³	Поражение сердца, печени, ОЗ, кератины Поражение верхних дыхательных путей – хронические субатрофические ринофарингиты, гипо- и аносмия; аллергодерматозы; серый налет по краю десен
Ртуть	0,0005 мг/л 0,01 мг/м ³	Нарушение функции почек, нервной системы, зрения, слуха, осязания, врожденные пороки развития Вегетативно-сосудистая дистония, неврастения
Свинец	0,03 мг/л 0,01 мг/м ³	Поражение почек, нервной системы, органов кроветворения, КВЗ, авитаминозы С и В Снижение активности дегидратазы аминокислотаминовой

		кислоты крови до 10 мкмоль/мин л; увеличение содержания в моче АЛК до 114 мкмоль/г и копропорфирина до 458 нмоль/г; изменение уровня андрогенов
Селен		Ускорение кариеса зубов у детей, ОЗ
Стронций	7,0 мг/л	Стронциевый рахит
Таллий	0,01 мг/м ³	Поражение нервной системы, желудочно-кишечного тракта, печени, почек. Утомляемость, головные боли, плохой сон, боли в конечностях, диспепсические расстройства
Хром	0,5 мг/л 0,01 мг/м ³	Дерматиты, экземы (хромовые язвы), бронхиты, нарушения функций печени, почек Раздражение верхних дыхательных путей, аллергические поражения кожи и органов дыхания
Цинк	1,0 мг/л	Анемия, изменения функций ЦНС, поражение почек, увеличение частоты заболеваний печени и КВЗ

4.2.8 САНИТАРНАЯ ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ

Для санитарной оценки химических соединений в продуктах питания используется следующий показатель: ПДКпр (ДОК) – *предельно допустимая концентрация (допустимое остаточное количество) химического соединения в продуктах.*

Гигиеническое регламентирование в пищевых продуктах касается главным образом пестицидов. Для нормирования пестицидов и их метаболитов необходимо знать токсические свойства, определить количества, способные вызвать патологический эффект. На этой основе можно научно обосновать прогнозы об их потенциальной опасности для здоровья населения и отдаленных последствиях (с учетом специфических свойств препарата). Гигиенические нормативы учитывают физико-химические свойства пестицидов, время сохранения их остатков и метаболитов в пищевых продуктах, способы применения, свойства почвы и т.д. Важен и вид обрабатываемого продукта (зерно, овощи, фрукты и т.д.), проницаемость его клеточных мембран, активность ферментных систем, рН клеточного сока и др. Поэтому норма допустимых остаточных количеств пестицидов ПДКпр и их метаболитов устанавливается отдельно для каждой сельскохозяйственной культуры.

В пищевых продуктах регламентируется такое содержание ряда химических элементов: алюминия, железа, ртути, фтора и др. (таблица 4.6).

Таблица 4.6 – ПДК химических элементов в пищевых продуктах, мг·кг⁻¹ продукта

Элемент	Виды продуктов						
	Рыбные	Мясные	Молочные	Хлеб, зерно	Овощи	Фрукты	Соки
Алюминий	30,0	10,0	1,0	20,0	30,0	20,0	10,0
Железо	30,0	50,0	3,0	50,0	50,0	50,0	15,0
Йод	2,0	1,0	0,3	1,0	1,0	1,0	1,0
Кадмий	0,1	0,05	0,01	0,022	0,03	0,03	0,002
Медь	10,0	5,0	0,5	5,0	10,0	10,0	5,0
Мышьяк	1,0	0,5	0,05	0,2	0,2	0,2	0,2
Никель	0,5	0,5	0,1	0,5	0,5	0,5	0,3
Олово	200,0	200,0	100,0	-	200,0	100,0	100,0
Ртуть	0,5	0,03	0,005	0,01	0,02	0,1	0,005
Свинец	1,0	0,5	0,05	0,2	0,5	0,4	0,4
Селен	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Сурьма	0,5	0,1	0,05	0,1	0,3	0,3	0,2
Фтор	10,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Хром	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1
Цинк	40,0	40,0	5,0	25,0	10,0	10,0	10,0

Пищевые добавки люди стали применять давно (поваренная соль, винный уксус, пряности и т.д.). В основном пищевые добавки представляют собой химические вещества природного или синтетического происхождения. Они вносятся в продукты питания с целью улучшения вкуса, запаха или цвета, увеличения сроков хранения. Среди синтетических красителей в РФ и Казахстане применяются лишь глидигокармин и тартрадин, хотя в мире используется большое их количество. Часть из них обладает аллергенными, мутагенными или канцерогенными свойствами. То же относится и к консервантам, эмульгаторам, стабилизаторам, осветлителям, подсластителям. Важно знать негативные свойства этих добавок. Последние, согласно требованиям ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения), отражены в маркировке продуктов.

При нормировании химических веществ пищевых продуктов ПДК устанавливаются с учетом допустимой суточной дозы ДСД или допустимого суточного поступления ДСП. Необходимость такого подхода обусловлена чрезвычайным разнообразием пищевого рациона и его химического состава,

что затрудняет возможность нормирования допустимого содержания химического вещества в каждом пищевом продукте.

При нормировании вредных веществ в продуктах питания используются следующие показатели вредности: органолептический; общегигиенический (предупреждение возможного снижения биологической ценности пищевого продукта, ухудшения технологических свойств в процессе обработки); технологический (присутствие веществ в обрабатываемом продукте в соответствии с технологическим регламентом его получения); токсикологический.

Величина ПДК определяется расчетным путем из значения ДСП, количества продукта в суточном рационе. ДСП и ДСД устанавливаются на основе пороговых доз, уменьшаемых на величину коэффициента запаса. Значения ДСП и ДСД для многих пищевых добавок и пестицидов разработаны комитетом экспертов Продовольственной и сельскохозяйственной секцией ООН и экспертной группой ВОЗ (ФАО/ВОЗ).

Наряду с вышеописанными нормативами, существуют допустимые уровни выделения вредных веществ, из полимерных материалов вредных веществ (упаковки) в контактирующие с ними среды (вода, воздух, продукты питания). Устанавливаются нормативы выделения опасных химических веществ, образующихся в результате термодеструкции различных материалов. Эти нормативы используются при гигиенической оценке новых материалов и изделий с целью недопущения выпуска продукции, создающей опасность для здоровья человека из-за миграции химических соединений или офазования в результате горения высокотоксичных компонентов (например, посуда для приготовления пищи, кипячения воды и т.п.).

Необходимо отметить, что в профилактической токсикологии и гигиене разработана система гигиенических стандартов, регламентирующих уровень воздействия потенциально опасных химических веществ на здоровье человека.

Методология гигиенического нормирования постоянно совершенствуется на основе анализа тенденций в изменении качества окружающей среды и постижений фундаментальных наук. В этом заключается относительный характер гигиенических нормативов. В ряде случаев нормативы могут быть как снижены, так и повышены.

Необходимо помнить, что гигиенические нормативы содержания химических веществ, за редким исключением, характеризуют допустимые, а не оптимальные условия воздействия факторов окружающей среды. Их неукоснительное соблюдение является необходимой мерой по обеспечению химической безопасности.

С другой стороны, неоправданная «хемофобия», также как и недооценка опасности химических соединений, может привести к значительным прямым и косвенным ущербам здоровью человека.