

*ГБОУ ВПО СЗГМУ им. И.И. Мечникова Минздрава России*



**Особенности гигиенического  
нормирования экзогенных  
химических веществ в воде водоемов**

*Кафедра общей и военной гигиены*

*д.м.н., профессор  
Аликбаева Лилия Анатольевна*

# Принципы гигиенического нормирования химических веществ

1. Принцип примата медицинской показаний
2. Принцип разделения объектов санитарной охраны
3. Принцип пороговости
4. Принцип дифференциации биологических ответов
5. Принцип всех возможных неблагоприятных воздействий
6. Принцип зависимости эффекта от концентрации (дозы) и времени воздействия
7. Принцип лабораторного эксперимента
8. Принцип аgravитации
9. Принцип относительности ПДК

## Перечень неблагоприятных воздействий на окружающую среду или организм человека и показатели вредности

<b>Неблагоприятное воздействие</b>	<b>Показатель вредности</b>
Изменение качества объектов среды, проявляющееся в возникновении посторонних запаха и привкуса, изменении цвета (окраски), внешнего вида (формы)	Органолептический
Раздражающее действие на слизистую оболочку верхних дыхательных путей, конъюнктиву глаз	Рефлекторный
Резорбтивное действие на организм человека	Санитарно-токсикологический
Аллергенное, гонадотоксическое, тератогенное и эмбриотоксическое действие вещества в дозе ниже уровня его хронического токсического действия	Специфический

<b>Неблагоприятное воздействие</b>	<b>Показатель вредности</b>
Мутагенное и канцерогенное действие	Отдаленных последствий
Увеличение уровня миграции в смежные среды до опасных пределов	Миграционно-водный, миграционно-воздушный
Накопление вредного вещества в продуктах питания растительного происхождения	Фитоаккумулятивный
Изменение климата местности, прозрачности атмосферы, растительности, бытовых условий	Общесанитарный

**ПДК** – максимальная концентрация вещества в воде, которая при поступлении в организм человека в течение жизни не оказывает прямого или опосредованного влияния на здоровье настоящих и будущих поколений, а также не ухудшает гигиенические условия водопользования.

**ОДУ** химического вещества в воде — временный гигиенический норматив, разрабатываемый на основе расчетных и экспресс-экспериментальных методов прогноза токсичности и применяемый только на стадии санитарного надзора за проектируемыми или строящимися предприятиями, реконструируемыми очистными сооружениями.



# Общими критериями и принципами разработки гигиенических нормативов в воде водных объектов являются:

- использование системы последовательного обоснования нормативов веществ как основы планирования исследований
- переход от эмпирического получения данных по единой стандартной схеме нормирования к различным по сложности схемам исследований и оценки результатов в зависимости от свойств и особенностей токсического действия нормируемого химического вещества
- обязательное использование методов прогноза токсичности и опасности веществ для планирования экспериментов и верификации полученных результатов

- комплексное изучение неспецифических и специфических реакций организма на интоксикацию с учетом предполагаемого или известного механизма действия нормируемого химического вещества (и/или близких по структуре веществ)

- изучение стабильности и оценка относительной опасности исходного вещества и продуктов трансформации

- использование результатов эпидемиологических исследований для коррекции величин ПДК и принятия решения о необходимости обоснования региональных нормативов



# Схема обоснования ПДК веществ в воде

Название стадии	Объем исследований	Полученная информация	Гигиенические нормативы и классы опасности, для которых достаточна эта стадия
1. Принятие предварительного решения	Анализ литературы. Изучение технологии производства и/или применения. Ориентировочный расчет гигиенических параметров по физико-химическим параметрам, ПДК в других объектах и других странах	Расчетные LD <sub>50</sub> , МНД. Выбор схемы разработки ПДК, степень приоритетности вещества	-

<b>Название стадии</b>	<b>Объем исследований</b>	<b>Полученная информация</b>	<b>Гигиенические нормативы и классы опасности, для которых достаточна эта стадия</b>
<p>2. Ускоренная оценка</p>	<p>Оценка влияния на органолептические свойства воды и санитарный режим водных объектов, выявление способности к трансформации, острые токсикологические опыты, в том числе для определения видовых, половых и возрастных различий чувствительности к веществу. Расчет параметров хронической токсичности по <math>LD_{50}</math>, <math>L_{50T}</math> и смешанным математическим моделям. Определение класса опасности.</p>	<p><math>PK_{орг}</math>, <math>PK_{сан}</math>, по <math>LD_{50}</math>, <math>LT_{50}</math>, <math>Lim_{ac}</math>, расчетные <math>ПД_{хр}</math>, МНД, класс опасности, ПДК, ОДУ, способность вещества к трансформации, класс опасности по трансформации <math>K_{кум}</math></p>	<p>ПДК; 4 ОДУ; 3</p>

<b>Название стадии</b>	<b>Объем исследований</b>	<b>Полученная информация</b>	<b>Гигиенические нормативы и классы опасности, для которых достаточна эта стадия</b>
3. Экспресс- экспери- мент	Подострый опыт. Изучение гонадотоксичности по функциональным показателям, эмбриотоксичности, мутагенного эффекта в скрининговых опытах. Оценка кожно-резорбтивного действия. Прогноз параметров хронической токсичности и определение класса опасности вещества. Идентификация продуктов трансформации	ПД, пороговые дозы отдаленных эффектов, расчетные МНД, класс опасности, ПДК, ОДУ	ПДК; 3 ОДУ; 2

<b>Название стадии</b>	<b>Объем исследований</b>	<b>Полученная информация</b>	<b>Гигиенические нормативы и классы опасности, для которых достаточна эта стадия</b>
<p>4. Хронический опыт</p>	<p>Хронический опыт для изучения общетоксического действия. Оценка мутагенного и гонадотоксического эффектов. Оценка опасности продуктов трансформации. Расчет коэффициентов запаса, экстраполяция данных с животных на человека</p>	<p> <math>ПД_{общ}</math>, <math>МНД_{общ}</math>,  <math>ПД_{отд}</math>, <math>МНД_{отд}</math>,  <math>K_a</math>.  Сравнительная токсичность продуктов трансформации, класс опасности, ПДК </p>	<p>1-2</p>

<p><b>Название стадии</b></p>	<p><b>Объем исследований</b></p>	<p><b>Полученная информация</b></p>	<p><b>Гигиенические нормативы и классы опасности, для которых достаточна эта стадия</b></p>
<p>5. Специальные исследования</p>	<p>Углубленное изучение канцерогенного, атеросклеротического, аллергенного эффектов. Дополнительные исследования гонадо-, эмбриотоксического, мутагенного эффектов. Обоснование ПДК</p>	<p>ПД<sub>хр</sub>. По специфическим и отдаленным эффектам, ПДК</p>	<p>1</p>
<p>6. Эпидемиологические исследования</p>	<p>Связь состояния здоровья и условий водопользования населения с содержанием вещества и/или продуктов его трансформации в воде</p>	<p>Корректировка ПДК. Оценка эффективности гигиенических водоохранных мероприятий</p>	<p>1-4</p>

**Галогенсодержащие соединения, которые образуются при обеззараживании воды хлором и гигиенические нормативы которых в питьевой воде скорректированы для гармонизации с рекомендациями ВОЗ, ЕС и стандартами развитых стран**

<b>Вещество (синоним)</b>	<b>ПДК, ОДУ, мг/л, до 2002 г.</b>	<b>Скорректиро- ванный норматив, мг/л</b>	<b>Группа МАИР</b>	<b>Потенциальное воздействие на здоровье</b>	<b>Класс опас- ности</b>
<b>Тригалогенметаны</b>					
Бромди- хлорметан	0,03 с.-т.		2Б	Канцерогенный эффект	2 → 1
Бромоформ	0,1 с.-т.		3	Гепатотоксическое действие	2
Дибром- хлорметан	0,03 с.-т.				
Хлороформ	0,2 с.-т.	0,06 с.-т.	2Б	Канцерогенный эффект	1



Вещество (синоним)	ПДК, ОДУ, мг/л, до 2002 г.	Скорректиро- ванный норматив, мг/л	Группа МАИР	Потенциальное воздействие на здоровье	Класс опас- ности
Хлорфенолы					
2,4-Дихлор- фенол	0,002орг.			Изменение привкуса	4
2,4,6- Трихлор- фенол	0,004орг.	0,004с.-т.	2Б	Канцерогенный эффект	4 → 1
Хлорфенол	0,001орг.			Появление запаха у воды	4
Хлорсодержащие уксусные кислоты					
Моноуксус- ная кислота	0,06 с.-т.			Гепатотоксичное действие	2
Дихлоруксус- ная кислота		0,05 с.-т.			

<b>Вещество (синоним)</b>	<b>ПДК, ОДУ, мг/л, до 2002 г.</b>	<b>Скорректиро- ванный норматив, мг/л</b>	<b>Группа МАИР</b>	<b>Потенциальное воздействие на здоровье</b>	<b>Класс опас- ности</b>
Трихлор- уксусная кислота		0,01с.-т.		Гепатотоксичное действие	2
<b>Галогенсодержащие ацетонитрилы</b>					
Дибромацето- нитрил		0,1 с.-т.	3	Снижение массы тела	2
Дихлорацето- нитрил		0,1 с.-т.	3	Тератогенное действие	1
Трихлорацето- нитрил		0,001 с.-т.	3		

Вещество (синоним)	ПДК, ОДУ, мг/л, до 2002 г.	Скорректиро- ванный норматив, мг/л	Группа МАИР	Потенциальное воздействие на здоровье	Класс опас- ности
Прочие соединения					
Хлоральгидрат	0,2 с.-т.	0,1 с.-т.		Гепатотоксическое действие	2
Хлористый циан/по цианиду/ (хлорциан)		0,035 с.-т.		Нейротоксическое действие, патология щитовидной железы	
Четырех- хлористый углерод	0,006 с.-т.	0,002 с.-т.	2Б	Канцерогенный эффект	2 → 1

## **Критерии выбора веществ, подлежащих региональному нормированию на основе допустимой суточной дозы**

- загрязнение нескольких объектов окружающей среды
- стабильность
- трансформация с образованием более опасных продуктов
- способность к межсредовому распределению и биоаккумуляции
- токсичность и опасность
- количество вещества, поступающего в организм человека, по сравнению с допустимой суточной дозой

В гигиене воды при оценке опасности веществ учитывается, что в современных условиях водопотребления обычно не создается возможность острых отравлений, и класс опасности зависит от величин параметров хронического действия, кумулятивных свойств, способности вызывать отдаленные эффекты, соотношения пороговых концентраций по различным лимитирующим признакам вредности, стабильности и трансформации вещества.

При хлорировании воды, содержащей различные вещества промышленного происхождения, образование большого количества хлорированных продуктов, обладающих мутагенными и/или канцерогенными свойствами, является определяющим при гигиенической оценке их опасности.



Токсикокинетика – это характеристика процессов, поступления, распределения, биотрансформации и выделения вещества или его метаболитов из организма.

## **По токсикокинетическим свойствам вещества условно делятся на 5 групп:**

- стабильные вещества, способные к биоаккумуляции
- стабильные вещества, не накапливающиеся в организме
- легкоподвергающиеся биотрансформации с образованием менее опасных продуктов
- медленно трансформирующиеся вещества
- вещества, в результате биотрансформации которых образуются более опасные продукты

В процессе трансформации химических веществ в окружающей среде могут образовываться как менее, так и более опасные и токсичные соединения.

1,1,2,2-тетрахлорэтан

реакция бета-элиминации в водной среде

трихлорэтилен (значительно более токсичное  
и опасное вещество)

Различия в процессах превращения химических веществ и в сравнительной токсичности исходных соединений и продуктов трансформации в отдельных объектах окружающей среды могут определять и различия в токсичности при разных путях поступления.

1,1,2,2-тетрахлорэтан при поступлении с водой более, чем в 4 раза, токсичнее, чем при ингаляционном поступлении.

Превалирование токсичности при том или ином пути воздействия зависит от физико-химических свойств (летучесть, растворимость, коэффициент распределения «октанол-вода» и др.) и механизмов взаимодействия веществ с организмом, обусловленных структурой соединения вещества.

# Гигиеническое нормирование химических веществ в воде водных объектов

Собирание литературных данных о физико-химических характеристиках вещества, значения его в санитарной практике.  
Определение стабильности и трансформации в водных растворах с учетом факторов, влияющих на самоочищение воды от изучаемого вещества



Изучение влияния химических веществ на общий санитарный режим водоемов (их самоочищение от бытового загрязнения с учетом процессов минерализации и нитрификации органического загрязнения)



Изучение влияния химических веществ на органолептические свойства воды водоемов (мясо, рыбы) с учетом факторов, влияющих на интенсивность этих изменений





↓

Изучение влияния химических веществ на здоровье населения, определение токсикодинамических особенностей, санитарно-токсикологическая оценка продолжительного действия малых концентраций изучаемого химического вещества с учетом отдаленных последствий

↓

Комплексное гигиеническое наблюдение в районе ниже спуска промышленных сточных вод в водоемы: санитарный режим водоемов, их самоочищение от вредных веществ, характер использования водоемов, их влияния на здоровье и санитарные условия жизни населения

↓

Определение защитной способности современных приемов в очистке и обезвреживании питьевой воды

↓

Комплексная оценка результатов проведенных исследований, установление лимитирующего признака вредности и предельно допустимой концентрации для изучаемого химического вещества

# Классификация веществ по стабильности в воде водоемов в летний период (по Б.Ш. Штабскому, Г.Н.Красовскому)

Класс стабильности	Период полураспада
I - нестабильные	До 1 ч
II - малостабильные	1 ч – 1 сут
III - стабильные	1 – 7 сут
IV - высокостабильные	7 -30 сут
V – чрезвычайно стабильные	30 сут и больше

**Максимальная недействующая концентрация (МНК)** по санитарно-токсикологическому признаку вредности – максимальная концентрация вещества химического вещества в воде ( $\text{мг/дм}^3$ ), при которой химическое вещество, поступая в организм человека в течение длительного времени с питьевой водой, не вызывает прямого специфического или отдаленного (аллергенного, кожно-резорбтивного, мутагенного, тератогенного, канцерогенного) действия на здоровье населения


$$\text{МНК} = \text{МНД} \cdot 60/3$$

## Методологическая схема поэтапного обоснования гигиенического ПДК химических веществ в воде водных объектов ( по Г.Н. Красовскому)

Этап нормирования	Схема	Оценка ПДК	Класс опасности веществ, который позволяет завершить исследования на соответствующем этапе
I	Сокращенная	По результатам острого опыта и расчета ПДК	IV
II	Ускоренного нормирования	По результатам острого и подострого опытов и расчета ПДК	III
III	На базе хронического опыта	По результатам острого, подострого, хронического опытов и расчета ПДК	II
IV	Развернутая (полная)	По результатам острого, подострого, хронического и пожизненного опытов и расчета ПДК	I

## Классификация веществ по степени опасности при поэтапном обосновании ПДК ( по Г.Н. Красовскому)

Этап оценки опасности веществ	Критерии	Класс опасности			
		Чрезвычайно опасные (I)	Высоко опасные (II)	Опасные (III)	Умеренно опасные (IV)
I	МНК/ПК <sub>орг</sub>	-	1	1-10	10
	МНК/ПК <sub>сан</sub>	-	1	1-10	10
II	МНК	0,001	0,001 – 0,1	0,1 - 10	10
III	DL <sub>50</sub> /МНД	10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup> -10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup> -10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup>
IV	ПД <sub>отдал</sub> /ПД <sub>общ</sub>	1	1-10	10-100	100