

# Оценка риска здоровью. Основные акценты в системе санитарного надзора

Анатолий Владимирович  
Киселев

[Anatolii.Kiselev@szgmu.ru](mailto:Anatolii.Kiselev@szgmu.ru)

# Оценка риска здоровью (ОР).

## Темы

- Место ОР в системе технологий санитарного надзора.
- Современное развитие правового поля применительно к ОР.
- Содержательные аспекты ОР: методологические проблемы, базисные положения и допущения, этапы, задачи и примеры их решения.
- Информационное обеспечение работ по ОР: источники специализированной информации, программные средства, примеры профессионального решения.

# Оценка риска здоровью в системе технологий санитарного надзора



# Поручение Президента РФ

- *Правительству Российской Федерации* подготовить совместно с заинтересованными органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и представить предложения по разработке нормативов качества окружающей среды с учётом **оценки рисков причинения вреда здоровью человека на основе санитарных норм и правил**

# ЗАКОН О САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОМ БЛАГОПОЛУЧИИ НАСЕЛЕНИЯ

- Статья 1. Основные понятия
- Санитарно-эпидемиологическое благополучие населения - состояние здоровья населения, среды обитания человека, при котором **отсутствует вредное воздействие** факторов среды обитания на человека и обеспечиваются благоприятные условия его жизнедеятельности

# САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЕ БЛАГОПОЛУЧИЕ НАСЕЛЕНИЯ ДОСТИГАЕТСЯ

- Соблюдением гигиенических нормативов (ГН)
- Соблюдением санитарно-эпидемиологических требований (СЭТ)
- Оценкой риска здоровью
- Проведением социально-гигиенического мониторинга

# ЗАКОН О САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОМ БЛАГОПОЛУЧИИ НАСЕЛЕНИЯ

- **гигиенический норматив** - установленное исследованиями **допустимое** максимальное или минимальное количественное и (или) качественное **значение показателя, характеризующего** тот или иной фактор среды обитания с **позиций его безопасности и (или) безвредности для человека.**

# Закон «Об охране атмосферного воздуха»

- гигиенический норматив качества атмосферного воздуха - критерий качества атмосферного воздуха, который отражает предельно допустимое максимальное содержание вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе и при котором отсутствует вредное воздействие на здоровье человека



# ЗАКОН О САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОМ БЛАГОПОЛУЧИИ НАСЕЛЕНИЯ

- **санитарно-эпидемиологические требования** - ... требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания... несоблюдение которых создает угрозу жизни или здоровью человека, угрозу возникновения и распространения заболеваний...

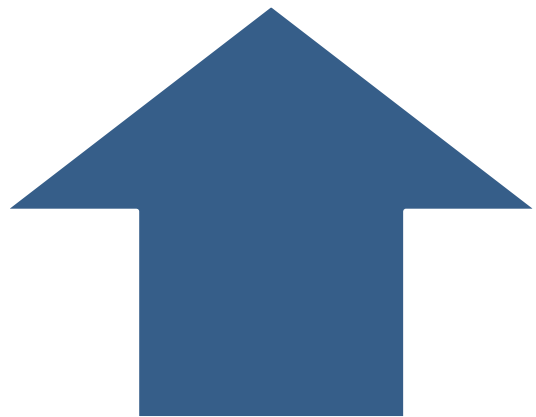
## Варианты обоснования безопасных доз и концентраций на примере марганца

- ЕРА. Для перехода от пороговой по влиянию на нервную систему к безопасной использовано 3 коэффициента неопределенности: 10 для видовой изменчивости, 10 для использования LOAEL и 10 для неопределенностей и недостатков используемой базы данных. Совокупный коэффициент запаса – 1000.
- ВОЗ. Для перехода от пороговой по влиянию на нервную систему к безопасной использовано 2 коэффициента неопределенности: 10 для межвидовых различий и 5 для вероятности развития эффектов у детей младшего возраста. Совокупный коэффициент запаса – 50.

## Варианты обоснования безопасных доз и концентраций на примере канцерогенных эффектов

- Существующий уровень онкологической заболеваемости от всех причин в РФ составляет более 200 случаев на 100000 человек.
- Число дополнительных смертей, связанных с загрязнением атмосферного воздуха селитебных территорий, составляет 0,66 случаев на 100000 населения или 0,32 % от всех смертей от онкологических заболеваний.
- Переход с приемлемого риска на существующем уровне  $10^{-5}$  (реальное состояние) на  $10^{-4}$  (предлагаемый вариант) следует расценивать как то, что мы допускаем как нормативно-приемлемый рост онкологической заболеваемости горожан, связанный с загрязнением атмосферного воздуха, более чем в 10 раз в сравнении с существующей ситуации, что составляет долю в 5% от суммарной онкологической заболеваемости.

# Определение приоритетов



Качество жизни

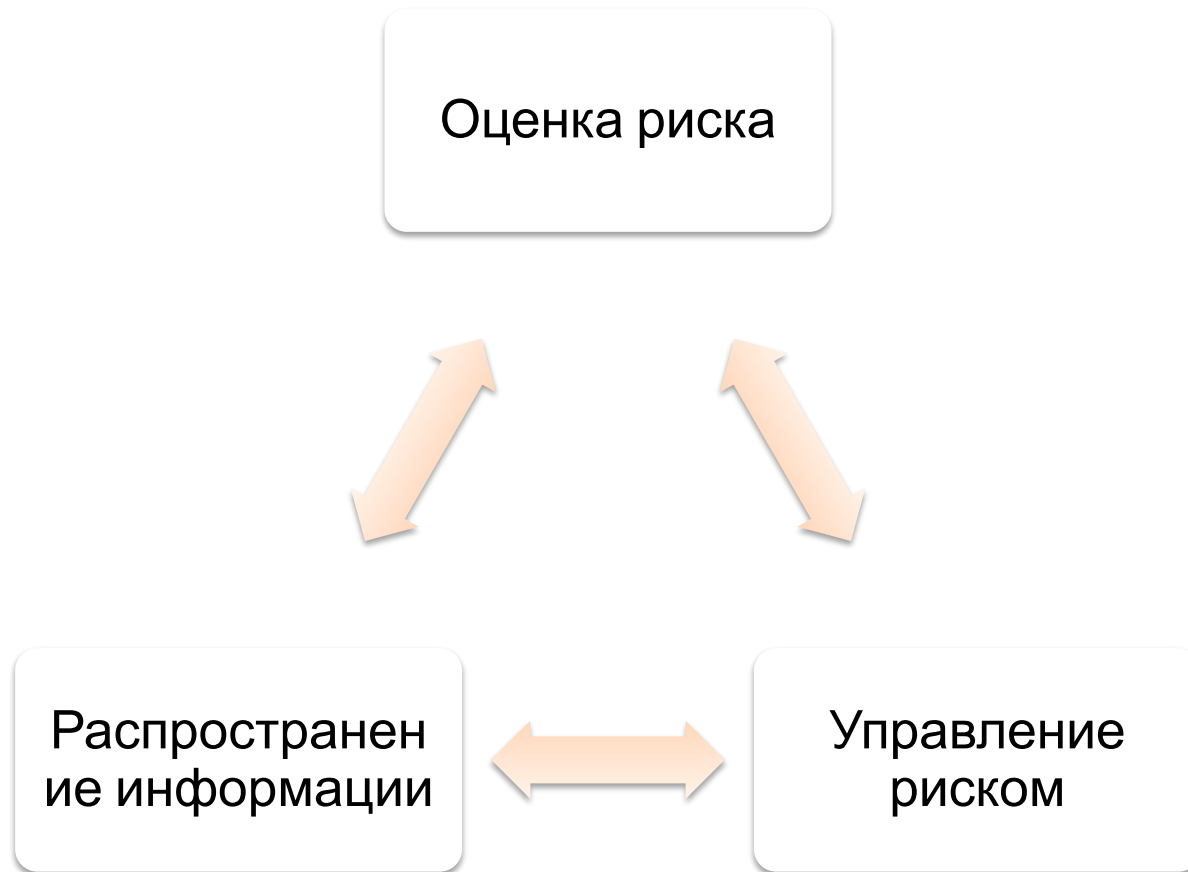


Остаточный риск

## **Аргументы, обосновывающие необходимость применения методологии оценки риска здоровью в системе технологий санитарного надзора**

- При существующих формулировках в тексте Закона РФ о санэпидблагополучии очевидно, что ГН является результатом принятия управленческого решения, основанного на компромиссе, учитывающем реальные возможности бизнес-сообщества и данных научных исследований о вреде для здоровья вредных факторов, поступающих среду обитания человека.
- Соблюдение ГН не гарантирует санитарно-эпидемиологическое благополучие, а лишь характеризует уровень соответствия среды обитания установленным требованиям.
- Для оценки эффективности природоохранных задач и состояния санэпидблагополучия населения и требуется внятное сопровождение ГН с позиции риска здоровью населения.

# Анализ риска



# Современное развитие правового поля применительно к оценке риска здоровью.

- Современное состояние законодательной и нормативно-методической базы в РФ
- Примеры законодательных актов ряда стран ближнего и дальнего зарубежья.
- Перспективы развития правового поля РФ применительно к оценке риска здоровью

# Современное развитие правового поля применительно к оценке риска здоровью.

- Современное состояние законодательной и нормативно-методической базы в РФ



# Правовое поле РФ в области оценки риска здоровью

О техническом регулировании (с изменениями на 22 декабря 2020 года) (редакция, действующая с 1 января 2021 года):

безопасность продукции и связанных с ней процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации (далее - безопасность) - состояние, при котором **отсутствует недопустимый риск**, связанный с причинением вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений

# Правовое поле РФ в области оценки риска здоровью

О техническом регулировании (с изменениями на 22 декабря 2020 года) (редакция, действующая с 1 января 2021 года):

**риск** - вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда;

# Правовое поле РФ в области оценки риска здоровью

О техническом регулировании (с изменениями на 22 декабря 2020 года) (редакция, действующая с 1 января 2021 года):

Технический регламент должен содержать правила и формы оценки соответствия (в том числе в техническом регламенте могут содержаться схемы подтверждения соответствия, порядок продления срока действия выданного сертификата соответствия), определяемые **с учетом степени риска**, предельные сроки оценки соответствия в отношении каждого объекта технического регулирования и (или) требования к терминологии, упаковке, маркировке или этикеткам и правилам их нанесения.

# Правовое поле РФ в области оценки риска здоровью

О техническом регулировании (с изменениями на 22 декабря 2020 года) (редакция, действующая с 1 января 2021 года):

Технический регламент не может содержать требования к продукции, причиняющей вред жизни или здоровью граждан, накапливаемый при длительном использовании этой продукции и зависящий от других факторов, не позволяющих **определить степень допустимого риска.**

# Правовое поле РФ в области оценки риска здоровью

Об охране окружающей среды (с изменениями на 30 декабря 2020 года) (редакция, действующая с 1 января 2021 года) :

Архитектурно-строительное проектирование, строительство и реконструкция объектов капитального строительства, которые являются объектами, оказывающими негативное воздействие на окружающую среду, и относятся к областям применения наилучших доступных технологий, должны осуществляться с учетом технологических показателей наилучших доступных технологий **при обеспечении приемлемого риска для здоровья населения**, а также с учетом необходимости создания системы автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ и (или) сбросов загрязняющих веществ.

## Правовое поле РФ в области оценки риска здоровью

Федеральном законе о санитарно-эпидемиологическом благополучии населения указывается, что разработка санитарных правил должна предусматривать:

- проведение комплексных исследований по выявлению и оценке воздействия факторов среды обитания на здоровье населения;
- определение санитарно-эпидемиологических требований предотвращения вредного воздействия факторов среды обитания на здоровье населения, в том числе установление оснований, при наличии которых требуются **расчет и оценка риска для здоровья человека**;

## Правовое поле РФ в области оценки риска здоровью

Федеральном законе о санитарно-эпидемиологическом благополучии населения указывается, что Главный государственный санитарный врач Российской Федерации ... наделяется дополнительными полномочиями:

принимать постановления, издавать распоряжения и указания, утверждать методические, инструктивные и другие документы по вопросам организации федерального государственного санитарно-эпидемиологического надзора и обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, включая методики **расчета и оценки риска для здоровья человека;**

# Правовое поле РФ в области оценки риска здоровью

Закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения

Порядок разработки и реализации мер по управлению рисками, включающий в себя порядок сбора и анализа информации, в том числе предварительной информации, представляемой участниками внешнеэкономической деятельности в таможенные органы, а также стратегию и тактику применения системы управления рисками, определяет федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий федеральный государственный санитарно-эпидемиологический надзор, совместно с федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным в области таможенного дела.



# Правовое поле РФ в области оценки риска здоровью

ФЗ N 248-ФЗ от 31 июля 2020 года «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в РФ» (вместо N 294-ФЗ) (вступил в силу 1 июля 2021 г):

Государственный контроль (надзор), муниципальный контроль должны быть направлены на достижение общественно значимых результатов, связанных с минимизацией риска причинения вреда (ущерба) охраняемым законом ценностям, вызванного нарушениями обязательных требований.

При осуществлении государственного контроля (надзора), муниципального контроля проведение профилактических мероприятий, направленных на снижение риска причинения вреда (ущерба), является приоритетным по отношению к проведению контрольных (надзорных) мероприятий.

Под риском причинения вреда (ущерба) в целях настоящего Федерального закона понимается вероятность наступления событий, следствием которых может стать причинение вреда (ущерба) различного масштаба и тяжести охраняемым законом ценностям.

Под оценкой риска причинения вреда (ущерба) в целях настоящего Федерального закона понимается деятельность контрольного (надзорного) органа по определению вероятности возникновения риска и масштаба вреда (ущерба) для охраняемых законом ценностей.

# Нормативно-методические документы РФ в области оценки риска здоровью

- Впервые на федеральном уровне использование методологии оценки риска закреплено Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации и Главного государственного инспектора Российской Федерации по охране природы "Об использовании методологии оценки риска для управления качеством окружающей среды и здоровья населения в Российской Федерации" от 10.11.97 N 25 и 03-19\24-3486

# Область применения методологии оценки риска здоровью:

- при проведении государственного санитарного надзора и государственного экологического надзора;
- при проведении экологической и гигиенической экспертизы;
- при проведении экологического аудита, экологической и гигиенической паспортизации промышленных и иных объектов;
- определении зон экологического бедствия и чрезвычайной экологической ситуации;
- в социально-гигиеническом мониторинге в части оценки воздействия окружающей среды на здоровье населения;
- экономическом анализе управления риском (оценка "затраты - эффективность");
- обосновании приоритетных мероприятий в Планах действий по охране окружающей среды и оценке их эффективности.

# Нормативно-методические документы РФ в области оценки риска здоровью

- СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий»
- СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»
- МР 2.1.0246-21 по обеспечению санитарно-эпидемиологических требований к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий

# Нормативно-методические документы РФ в области оценки риска здоровью

- СанПиН 2.1.3684-21: п. 68. **Расчет канцерогенных и неканцерогенных рисков** должен осуществляться хозяйствующими субъектами в соответствии с осуществляемой ими деятельностью при:
  - ✓ установлении, изменении, прекращении существования санитарно-защитных зон в соответствии с требованиями нормативных правовых актов Российской Федерации, определяющими порядок установления таких зон (Пункт 2 статьи 12 Федерального закона от 30.03.1999 № 52-ФЗ.);
  - ✓ обосновании седьмой подзоны приаэродромной территории (Подпункт «Ж» пункта 2 и подпункт «е» пункта 3 Правил выделения на приаэродромной территории подзон, утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации от 02.12.2017 № 1460 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2017, № 50, ст. 7619).

# Нормативно-методические документы РФ в области оценки риска здоровью

- СанПиН 2.1.3684-21: п. 76. При несоответствии качества подаваемой питьевой и горячей воды, за исключением показателей качества питьевой воды и горячей воды, характеризующих ее безопасность (Пункт 5 статьи 23 Федерального закона № 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении»), хозяйствующим субъектом, осуществляющим водоснабжение, организуются и проводятся санитарно-противоэпидемические (профилактические) мероприятия, обеспечивающие:
  - ✓ выявление и устранение причин ухудшения ее качества и безопасности обеспечения населения питьевой водой;
  - ✓ отсутствие угрозы здоровью населения в период действия временных отступлений, подтвержденной **результатами санитарно-эпидемиологической оценки риска здоровью населения;**
  - ✓ максимальное ограничение срока действия временных отступлений, установленного по **результатам санитарно-эпидемиологической оценки риска здоровью населения;**
  - ✓ **информирование населения** о введении временных отступлений и сроках их действия, **отсутствии риска для здоровья населения,** а также рекомендациях для населения по использованию питьевой и горячей воды.

# Нормативно-методические документы РФ в области оценки риска здоровью

- СанПиН 2.1.3685-21: Вводятся понятия ПДК (предельно допустимая концентрация) следующих периодов осреднения.
- Концентрация, предотвращающая раздражающее действие, рефлекторные реакции, запахи при воздействии до 20 - 30 минут - максимальная разовая;
- Концентрация, обеспечивающая допустимые (приемлемые) **уровни риска** при воздействии не менее 24 часов – среднесуточная;
- Концентрация, обеспечивающая допустимые (приемлемые) **уровни риска** при хроническом (не менее 1 года) воздействии – среднегодовая.

# **Нормативно-методические документы РФ в области оценки риска здоровью**

## ПРОЕКТ

Разработка и проведение санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий на основе анализа риска для здоровья человека.

Санитарно-эпидемиологические правила и нормы.

СанПиН 1.1. -18



# Нормативно-методические документы РФ в области оценки риска здоровью

- Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду (Руководство Р2.1.10.1920-04). Готовится новый вариант документа
- СанПиН. «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. Действует до 1.01.2022
- Отдельные санитарно-эпидемиологические требования при оценке непостоянного шума от пролетов воздушных судов. Санитарные правила СП 2.1.8.3565-19 от 22.10.2019 (N 15) СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03». Новая редакция от 25.09.2007 № 74 (с дополнениями...). Действовал до 01.03.2021
- Интегральная оценка питьевой воды централизованных систем водоснабжения по показателям химической безвредности. Методические рекомендации МР 2.1.4.0032-11 М.: ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора, 2011., – 37 с.

# Нормативно-методические документы РФ в области оценки

## риска здоровью

- МУ 2.1.10.3675-20. 2.1.10. Состояние здоровья населения в связи с состоянием природной среды и условиями проживания населения. Оценка достаточности и эффективности планируемых мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух для митигации рисков и вреда здоровью населения. Методические указания», утвержденные Главным государственным санитарным врачом РФ 18.12.2020.
- Оценка качества атмосферного воздуха и анализ риска здоровью населения в целях принятия обоснованных управленческих решений в сфере обеспечения качества атмосферного воздуха и санитарно-эпидемиологического благополучия населения. Методические рекомендации МР 2.1.10.0156-19 от 2 декабря 2019 г.
- Оценка экономической эффективности реализации мероприятий по снижению уровней загрязнения атмосферного воздуха на основании оценки риска здоровью населения. Методические рекомендации МР 5.1.0158-19 от 2 декабря 2019 г.
- Формирование программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха и количественная оценка экспозиции населения для задач социально-гигиенического мониторинга. Методические рекомендации МР 2.1.6.0157-19 от 2 декабря 2019 г.

# Нормативно-методические документы РФ в области оценки риска здоровью

- Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума. Методические рекомендации МР 2.1.10.0059-12
- Оценка риска для здоровья населения при воздействии переменных электромагнитных полей (до 300 ГГц) в условиях населенных мест. Методические рекомендации МР 2.1.10.0061-12
- Количественная оценка неканцерогенного риска при воздействии химических веществ на основе построения эволюционных моделей. Методические рекомендации МР 2.1.10.0062- 12
- Оценка риска воздействия пестицидов на работающих . Методические указания МУ 1.2.3017-12

# Современное развитие правового поля применительно к оценке риска здоровью.

- Примеры законодательных актов ряда стран ближнего и дальнего зарубежья.

# Правовое поле Республики Беларусь в области оценки риска здоровью

- Закон Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» устанавливает определения: **экологической безопасности** - состояние защищенности **окружающей среды, жизни и здоровья граждан** от возможного вредного воздействия хозяйственной и иной деятельности... и **экологического вреда** - вред, причиненный **окружающей среде**, а также **жизни, здоровью и имуществу граждан...**
- Закон Республики Беларусь «О радиационной безопасности населения» определяет эффективную дозу как величину воздействия ионизирующего излучения, используемая как **мера риска** возникновения отдаленных последствий облучения организма **человека...**

# Правовое поле Республики Беларусь в области оценки риска здоровью

- Законом Республики Беларусь «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» определено, что санитарные правила устанавливают допустимые уровни **риска** возможного ухудшения **здоровья** в связи с неблагоприятным воздействием на организм человека **факторов среды** его обитания и условий жизнедеятельности (гл.2, ст.8).
- В целях выявления **риска для здоровья людей** и разработки мероприятий, направленных на предупреждение, уменьшение и устранение неблагоприятного воздействия на здоровье человека факторов среды его обитания в Республике проводится социально-гигиенический мониторинг ст.12).

# Правовое поле Республики Казахстан в области оценки риска здоровью

- Кодекс Республики Казахстан о здоровье народа и системе здравоохранения дает определения:
  - **оценки риска** - научно обоснованная оценка вероятности ... **негативного воздействия факторов окружающей среды на состояние здоровья населения** ... (ст.1), ...
  - **деятельность государственных органов и организаций санитарно-эпидемиологической службы** ... государственный санитарно-эпидемиологический надзор, гигиеническое обучение, санитарно-карантинный контроль, радиационный контроль, санитарно-эпидемиологическое нормирование, **оценка риска**...

# Правовое поле Республики Казахстан в области оценки риска здоровью

- Экологический Кодекс Республики Казахстан:
  - Определено, что установление целевых **показателей качества окружающей среды** должно обеспечить (в том числе) экологическую безопасность и снижение **рисков для здоровья населения (ст.24)**.
  - Документация оценки воздействия на окружающую среду (ст. 41) должны включать в себя (п. 9) оценку экологических рисков и **рисков для здоровья населения**.



# Правовое поле Республики Казахстан в области оценки риска здоровью

- **Экологический Кодекс Республики Казахстан:**
  - В главе посвященной производственному экологическому контролю (гл.14), – о назначении и цели производственного экологического контроля, указывается, что целями производственного экологического контроля являются информирование общественности об **экологической деятельности** предприятий и **рисках для здоровья населения (ст.128,п.2, р.7)**.
  - В законе определена задача оценки риска (ст.303). В общих требованиях для полигонов опасных отходов указывается, что сбор, обработка и использование свалочного газа должны производиться способом, который минимизирует ущерб или ухудшение окружающей среды и **риск для здоровья населения (п.3)**.

# Правовое поле Республики Казахстан в области оценки риска здоровью

- В соответствии с Законом Республики Казахстан от «О радиационной безопасности населения»:
  - эффективная доза - величина поглощенной энергии ионизирующего излучения, используемая как **мера риска** возникновения отдаленных последствий облучения организма **человека...**

# Правовое поле Республики Казахстан в области оценки риска здоровью

- Закон Республики Казахстан о недрах и недропользовании определяет компетенции уполномоченного органа в области нефти и газа среди которых проведение **анализа и оценки рисков причинения вреда жизни и здоровью человека и окружающей среде** в сфере проведения нефтяных операций и транспортировки нефти (ст.18).
- Закон Республики Казахстан о промышленной безопасности на опасных производственных объектах указывает, что производственный **контроль** осуществляется на опасных производственных объектах в целях максимально возможного уменьшения **риска вредного воздействия** опасных производственных факторов на **производственный персонал, население, окружающую среду (ст.16)**.

# Правовое поле Республики Казахстан в области оценки риска здоровью

- В законе Республики Казахстан об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности в Республике Казахстан» (указывается, что проектирование объектов архитектурной, градостроительной и строительной деятельности должно обеспечивать **безопасность сооружений для жизни и здоровья человека и окружающей среды**. При проектировании сооружений должны быть **идентифицированы и учтены все возможные риски для жизни и здоровья человека и окружающей среды** на всех стадиях жизненного цикла, в том числе при нормальной эксплуатации, чрезвычайных ситуациях, предполагаемых нарушениях при проведении строительно-монтажных работ и недопустимом строительстве. **Шумоизоляция** сооружения должна быть спроектирована и построена с учетом **отсутствия недопустимого риска для жизни и здоровья человека (ст. 27.2)**.

# Всемирная организация здравоохранения

**IPCS**

INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY



IPCS Harmonization Project

**WHO Human Health  
Risk Assessment Toolkit:  
Chemical Hazards**



**IOMC**

INTER-ORGANIZATION PROGRAMME FOR THE SOUND MANAGEMENT OF CHEMICALS  
A cooperative agreement among FAO, ILO, UNEP, UNIDO, UNITAR, WHO, World Bank and OECD



# Контроль загрязнителей воздуха в Соединенных Штатах

	До 1990	После 1990 года
Бремя доказывания	Для включения в список вредных химических веществ ЕРА должно продемонстрировать, что уровни содержания в атмосфере загрязняющих создают риск	Чтобы удалить из списка химических веществ, промышленность должна продемонстрировать, что вещество не вызывает риска
Регулирующий контроль за списком загрязняющих веществ	На основе оценки рисков при контроле за применением технологии	Наиболее доступные технологии
Роль оценки риска	Первичная	Вторичная

- The Occupational Health and Safety Act
- The Hazardous Chemical Substance Regulation
- The Major Hazard Installation Regulation
- The National Environment Management Act
- The Mine Health and Safety Act
- Environmental legislation

# Международный опыт. Экологическая политика Южной Кореи. Законодательство.

Перечень законодательных актов:

<http://eng.me.go.kr/eng/web/index.do?menuId=28&findDepth=1>

Примеры.

- ENFORCEMENT DECREE OF THE WASTES CONTROL ACT 2015-06-01 26297
- DRINKING WATER MANAGEMENT ACT 2015-02-03 13164
- WASTES CONTROL ACT 2015-01-20 13038
- NOISE AND VIBRATION CONTROL ACT 2014-03-18 12462
- **ENVIRONMENTAL HEALTH ACT 2013-01-01 11619**

Международный опыт.  
Экологическая политика Южной Кореи.  
Законодательство.

ENVIRONMENTAL HEALTH ACT

Закон об экологическом здоровье (о санитарном состоянии окружающей среды)

Цель этого закона заключается в защите и сохранении национального здоровья и целостности экосистем путем изучения, диагностики и мониторинга воздействия и ущерба от загрязнения окружающей среды, токсичных химических веществ, и других факторов, влияющих на национальное здоровье и экосистемы, и тем самым предотвращая угрозу национальному здоровью и разработке мер по снижению такого воздействия и повреждений.



## Международный опыт.

### Экологическая политика Южной Кореи. ENVIRONMENTAL HEALTH ACT.

1. Адекватные меры и политика предотвращения воздействия должны быть организованы таким образом, чтобы экономически и технически возможная степень снижения выбросов были даже в тех случаях, когда научная взаимосвязь между экологически **опасными факторами** и **ожидаемыми последствиями влияния на здоровье** прослеживается не очень четко;
2. Контингенты, которые чувствительны к воздействию экологически вредных факторов, например, такие как дети, и население в регионах, имеющих серьезные проблемы с загрязнением окружающей среды, должны иметь преимущественную **защиту и заботу**;
3. Планы и стратегии для каждого элемента окружающей среды должны быть объединены и скорректированы в точки зрения **защиты экспонируемого населения**;
4. Групп населения, пострадавших от экологически опасных факторов, должны быть допущены к участию в соответствующих процессах **принятия решений**, например, быть обеспечены соответствующей **информации о рисках**, и т. д.

# Международный опыт.

## Экологическая политика Южной Кореи. ENVIRONMENTAL HEALTH ACT.

Статья 6. Составление генеральных планов по гигиене окружающей среды.

- Министр окружающей среды устанавливает генеральный план по гигиене окружающей среды (именуемое в дальнейшем "генеральный план") каждые 10 лет для содействия национальному здоровью посредством расследования, предотвращения и контроля воздействия экологически опасных факторов на население.
- Генеральный план должен включать следующие элементы:
  1. Основные принципы и цели применительно к состоянию здоровья, связанного с окружающей средой;
  2. Воздействие экологически опасных факторов на состояние национального здоровья и возникновения заболеваний, связанных с экологически опасными факторами;
  3. Вопросы, касающиеся воздействия экологически опасных факторов на экосистемы и ущерба от них;
  4. Вопросы, касающиеся оценки риска (здоровью) экологически опасных факторов;

# Международный опыт. Экологическая политика Южной Кореи. ENVIRONMENTAL HEALTH ACT.

Статья 6. Составление генеральных планов по гигиены окружающей среды.

- Генеральный план должен включать следующие элементы:
  5. Расследования, исследования, анализ, предупреждение и планы контроля в отношении воздействия экологически опасных факторов на национальное здоровье;
  6. Специальные меры контроля для контингентов населения, таких как дети, престарелые, беременные женщины, и т. д. которые чувствительны к воздействию экологически вредных факторов;
  7. Специальные меры контроля для жителей в регионах, уязвимых к загрязнению окружающей среды, таких как районы в промышленных комплексах, в заброшенных шахтах, перегруженных трафиком территориях, объектах размещения отходов, и др.;
  8. Вопросы, касающиеся разработки комплексных экологических стандартов, ориентированных на экспонируемое население;

# Международный опыт. Экологическая политика Южной Кореи. ENVIRONMENTAL HEALTH ACT.

Статья 6. Составление генеральных планов по гигиене окружающей среды.

- Генеральный план должен включать следующие элементы:
  9. Административную и финансовую поддержку, необходимую для контроля и предотвращения вреда здоровью людей из-за экологически вредных факторов;
  10. Планы снабжения финансовыми ресурсами, касающихся состояния окружающей среды;
  11. Вопросы, касающиеся международного сотрудничества в области гигиены окружающей среды;
  12. Другие вопросы, необходимые для укрепления здоровья населения, связанного с окружающей среды.

# Современное развитие правового поля применительно к оценке риска здоровью.

- Перспективы развития правового поля РФ применительно к оценке риска здоровью

# Перспективы применения методологии оценки риска здоровью для управления качеством окружающей среды

- Методология оценки риска здоровью, как составная часть процедуры анализа риска, включающая кроме оценки также управление риском и распространение информации о риске, является эффективным инструментом решения правовых вопросов в сфере «среда обитания – здоровье человека», что должно быть закреплено в соответствующих законодательных актах.
- Необходима разработка единого типового законодательного акта, унифицирующего процедуру оценки риска здоровью населения в связи с воздействием факторов среды обитания человека.
- Законодательно утвердить процедуру оценки риска здоровью как одним из элементов обоснования санитарных норм и правил.

# Перспективы применения методологии оценки риска здоровью для управления качеством окружающей среды

- Законодательно утвердить обязательность проведения процедуры оценки остаточного риска здоровью при разработке проектной документации на строительство или реконструкцию промышленных предприятий или иных объектов, являющихся источником неблагоприятного воздействия на среду обитания человека.
- Разработать порядок применения процедуры оценки риска здоровью для решения правовых споров в области причинения (или вероятности причинения) вреда здоровью при загрязнении или ином неблагоприятном воздействии на среду обитания человека.

# Оценка риска здоровью (ОР).

- Содержательные аспекты ОР: методологические проблемы, базисные положения и допущения, этапы, задачи и примеры их решения.



# Основания для суждения об опасности загрязнения окружающей среды:

- многочисленные жалобы населения, проживающего в условиях загрязненной окружающей среды, на неприятные запахи, головные боли, общее плохое самочувствие и другие дискомфортные состояния;
- данные медицинской статистики, свидетельствующие о тенденции к росту заболеваемости и смертности на загрязненных территориях;
- данные специальных научных исследований, направленных на количественное определение связи между загрязнением окружающей среды и его влиянием на организм.

# Определение понятия здоровья (ВОЗ):

- состояние полного физического, духовного и социального благополучия, а не только отсутствие болезни или физических дефектов.

# Определение риска для здоровья:

- ВОЗ - ожидаемая частота нежелательных для здоровья эффектов, возникающих от заданного воздействия загрязнителя;
- EPA US - вероятность повреждения, заболевания или смерти при определенных обстоятельствах.

# Понимание вероятности

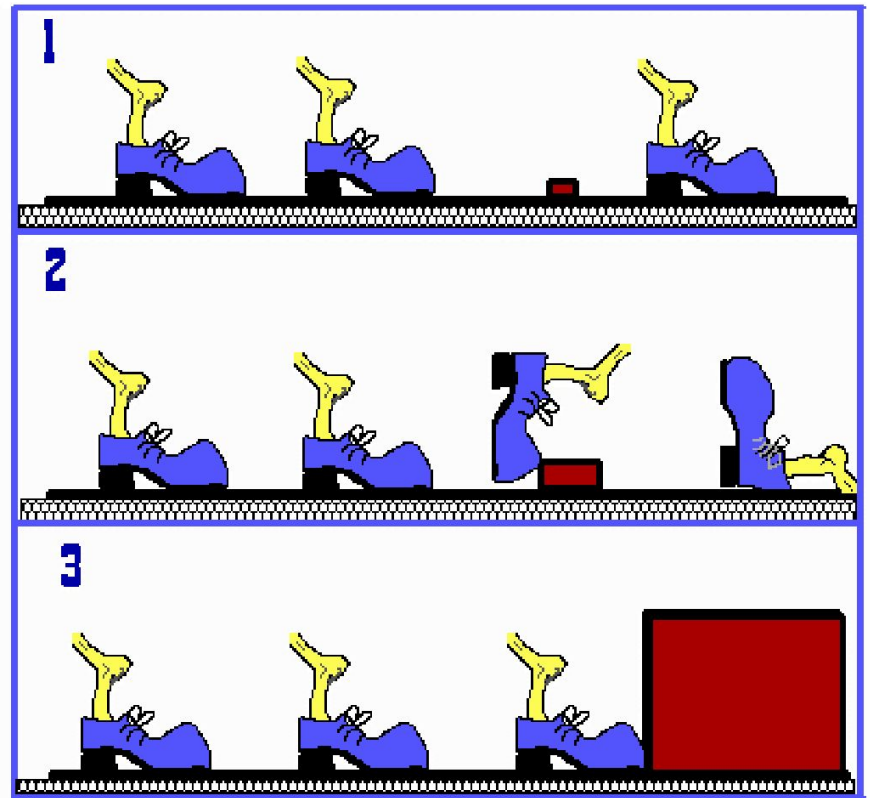
- ...вероятность события  $1/N$  не означает, что событие произойдет через  $N$  повторений условий. В лотерее с выигрышным шансом  $1/1000$  выигрышным может оказаться самый первый билет, а в лотерее с шансом  $1/10$  можно участвовать тысячи раз, ни разу не выиграв. По величине вероятности нельзя предсказать результат каждого конкретного розыгрыша.
- ...вероятность — это не предмет и не метафизическое нечто, а лишь математическая абстракция, численная пропорция искомых элементов множества к их общему количеству...

## Определения и виды риска для здоровья

- Риск для здоровья - вероятность развития угрозы жизни или здоровью человека, обусловленной воздействием факторов среды обитания.
- Риск для здоровья выражается в виде:
  - ✓ *математической вероятности развития определённого неблагоприятного эффекта («индивидуальный риск»),*
  - ✓ *ожидаемого числа случаев развития соответствующих эффектов среди населения или его части («популяционный риск»),*
  - ✓ *степени превышения установленных допустимых уровней воздействия вредного фактора либо экспертно определенных безопасных уровней воздействия на основе обобщения всей доступной информации экспериментального и эпидемиологического характера.*

# Иллюстрация принципа пороговости

- для каждого агента, вызывающего те или иные неблагоприятные эффекты в организме, существуют и могут быть найдены дозы (концентрации), при которых изменения функций организма будут минимальными (пороговыми).

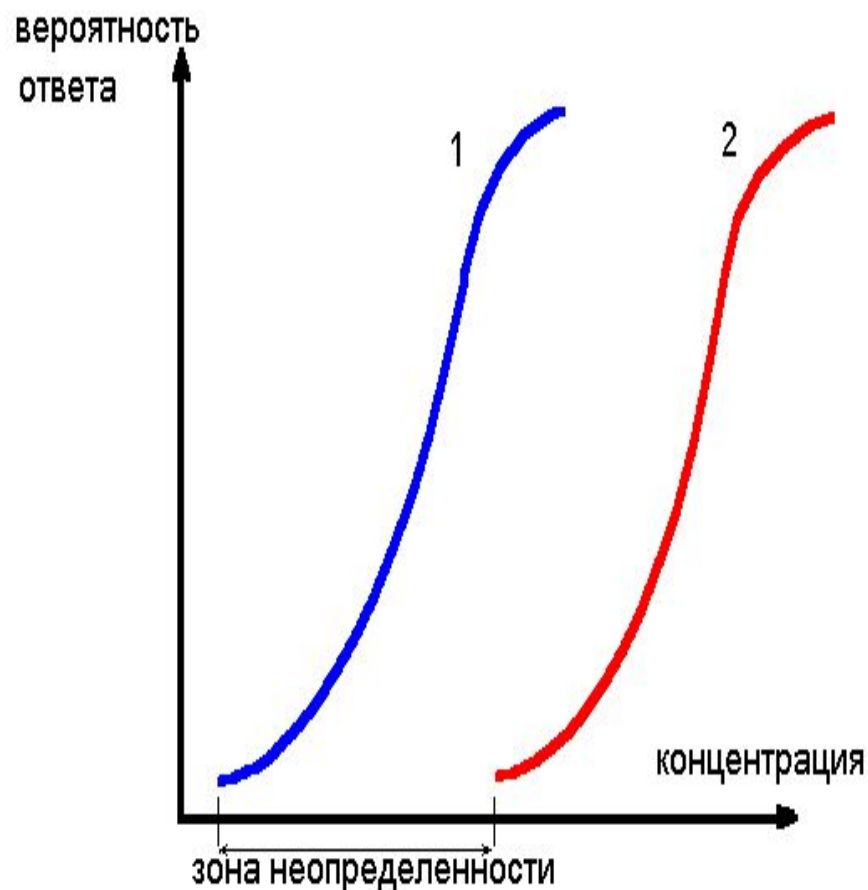


# Величина пороговой дозы зависит от:

- индивидуальной чувствительности организма;
- показателя, выбранного для ее определения;
- чувствительности использованных методов;
- других факторов.

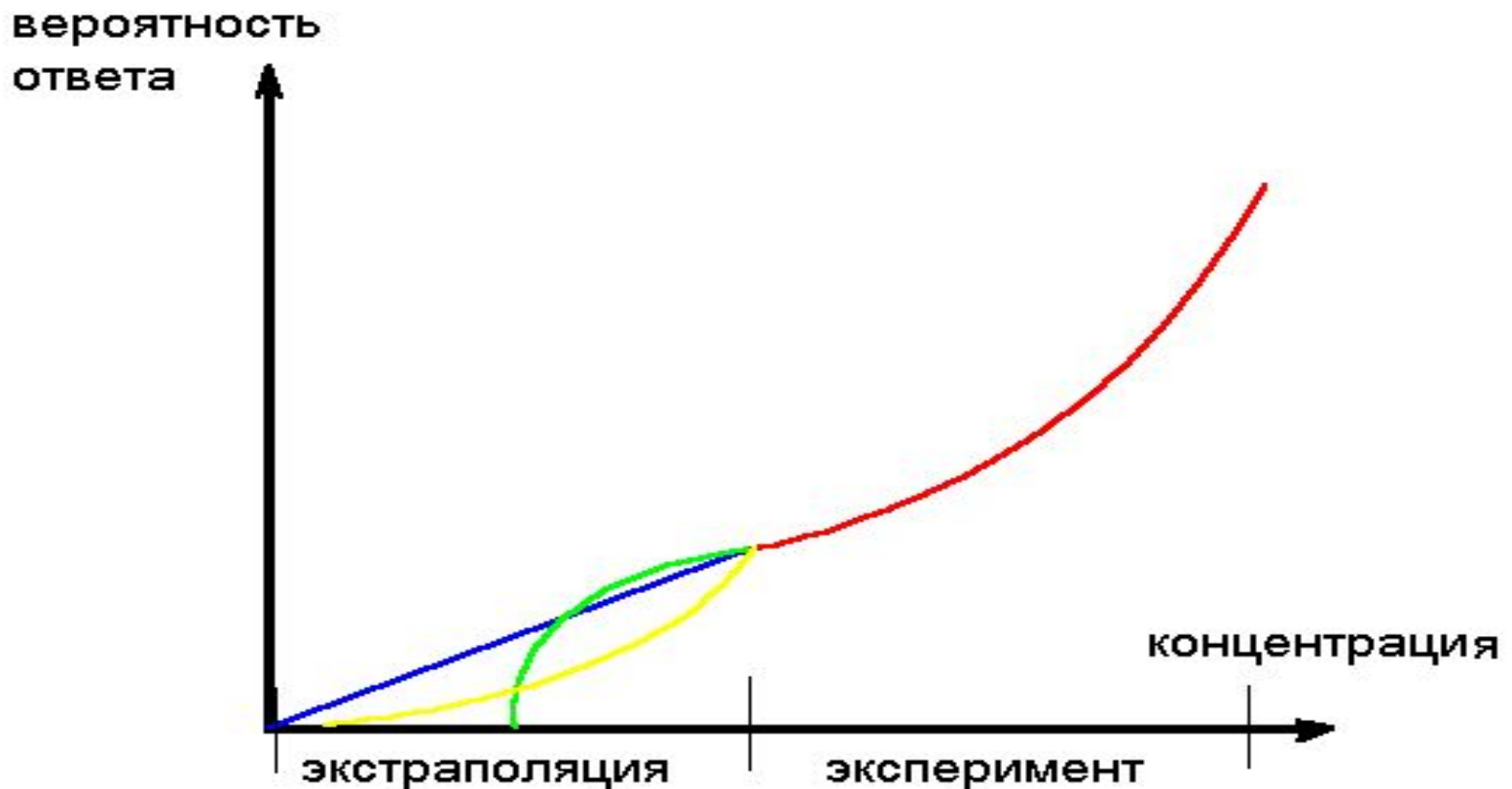
# Принципы определения порога воздействия:

- 1 Гарантированное отсутствие неблагоприятного эффекта  
(максимальные недействующие концентрации или дозы). Имеет место при нормировании в объектах среды обитания.
- 2 Начальные признаки токсического эффекта  
(минимальные действующие концентрации или дозы). Имеет место при нормировании в производственной среде, эпидемиологических исследованиях.





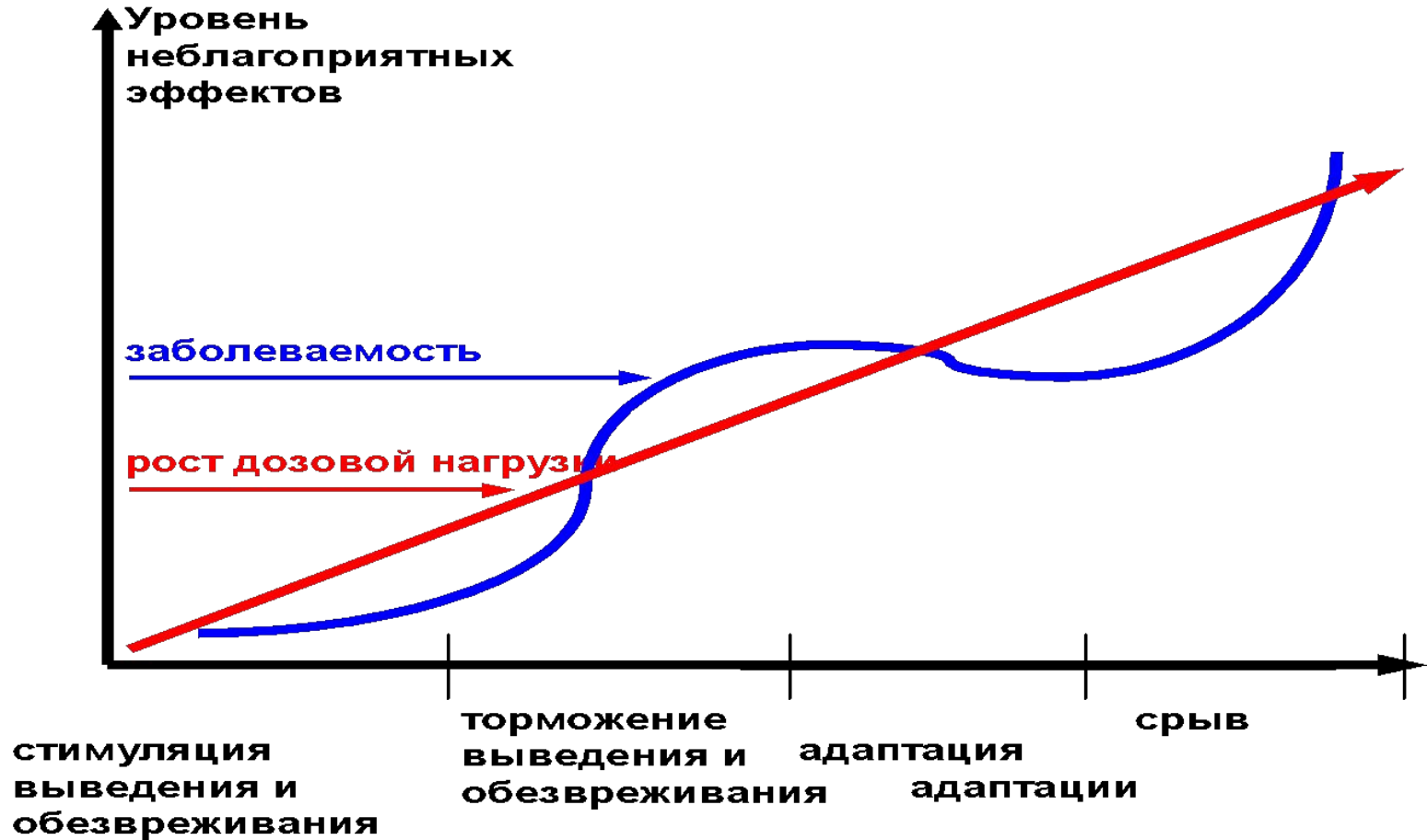
# Варианты экстраполяции экспериментальных данных на уровень низких концентраций и доз



# Пирамида ответных реакций популяции на загрязнение окружающей среды



# Типичные реакции биосистем на рост уровня неблагоприятного воздействия



# Типы рисков, учитываемых в области охраны окружающей среды

- риск загрязнения, рассматриваемый как вероятность загрязнения окружающей среды в результате плановой или аварийной деятельности промышленных предприятий (экологический риск);
- риск для здоровья, который характеризует собой вероятность развития у населения неблагоприятных для здоровья эффектов в результате реального или потенциального загрязнения окружающей среды.

Основные трудности, возникающие при  
решении задач оценки и выявления  
взаимосвязи в системе “окружающая  
среда – здоровье” с целью определения  
долевого вклада загрязнений окружающей  
среды (ОС) в развитие основных форм  
патологии человека:

- многофакторность влияния  
внешнесредовых воздействий на  
организм;
- многофакторность ответных реакций;

Основные трудности, возникающие при  
решении задач оценки и выявления  
взаимосвязи в системе “окружающая  
среда – здоровье” с целью определения  
долевого вклада загрязнений окружающей  
среды (ОС) в развитие основных форм  
патологии человека:

- возможность неаддитивных эффектов и нелинейность взаимосвязей;
- весьма длительный лаг проявления ответных реакций;

Основные трудности, возникающие при  
решении задач оценки и выявления  
взаимосвязи в системе “окружающая  
среда – здоровье” с целью определения  
долевого вклада загрязнений окружающей  
среды (ОС) в развитие основных форм  
патологии человека:

- нередко опосредованный характер воздействий;
- эффект взаимного отягощения при действии нескольких факторов;

Основные трудности, возникающие при  
решении задач оценки и выявления  
взаимосвязи в системе “окружающая  
среда – здоровье” с целью определения  
долевого вклада загрязнений окружающей  
среды (ОС) в развитие основных форм  
патологии человека:

- индивидуальные особенности организма, проявляющиеся прежде всего в разной чувствительности и предрасположенности к действию экологических факторов, либо напротив в повышенной резистентности;



Основные трудности, возникающие при  
решении задач оценки и выявления  
взаимосвязи в системе “окружающая  
среда – здоровье” с целью определения  
долевого вклада загрязнений окружающей  
среды (ОС) в развитие основных форм  
патологии человека:

- частая неточность и ошибочность данных официальной статистики;
- методические трудности, связанные с организацией экологически ориентированного сбора и обработки.

# Универсальная формула оценки риска

Риск = Опасность x Экспозиция

Этапы, выполняемые в ходе  
реализации методологии  
оценки риска:

# Идентификация опасности.

## Цель:

- Выявление факторов физической, химической или биологической природы, представляющих наибольшую угрозу для здоровья человека.

# Идентификация опасности.

## Решаемые вопросы:

- Какие факторы , присутствующие в окружающей среде исследуемого района, могут вызвать неблагоприятные для здоровья эффекты?
- Какое неблагоприятное воздействие могут оказать эти факторы?
- Какая новая информация необходима для суждения об опасности этих факторов?

# Идентификация опасности.

## Аспекты:

- Теоретический аспект включает методологию установления тех признаков или свойств химических веществ, которые позволяют отнести их к вредным для здоровья человека факторам.
- Практический аспект заключается в рассмотрении принципов выбора из всего многообразия загрязнителя конкретного вредного агента или группы веществ для проведения исследований по оценке риска в определенном регионе.

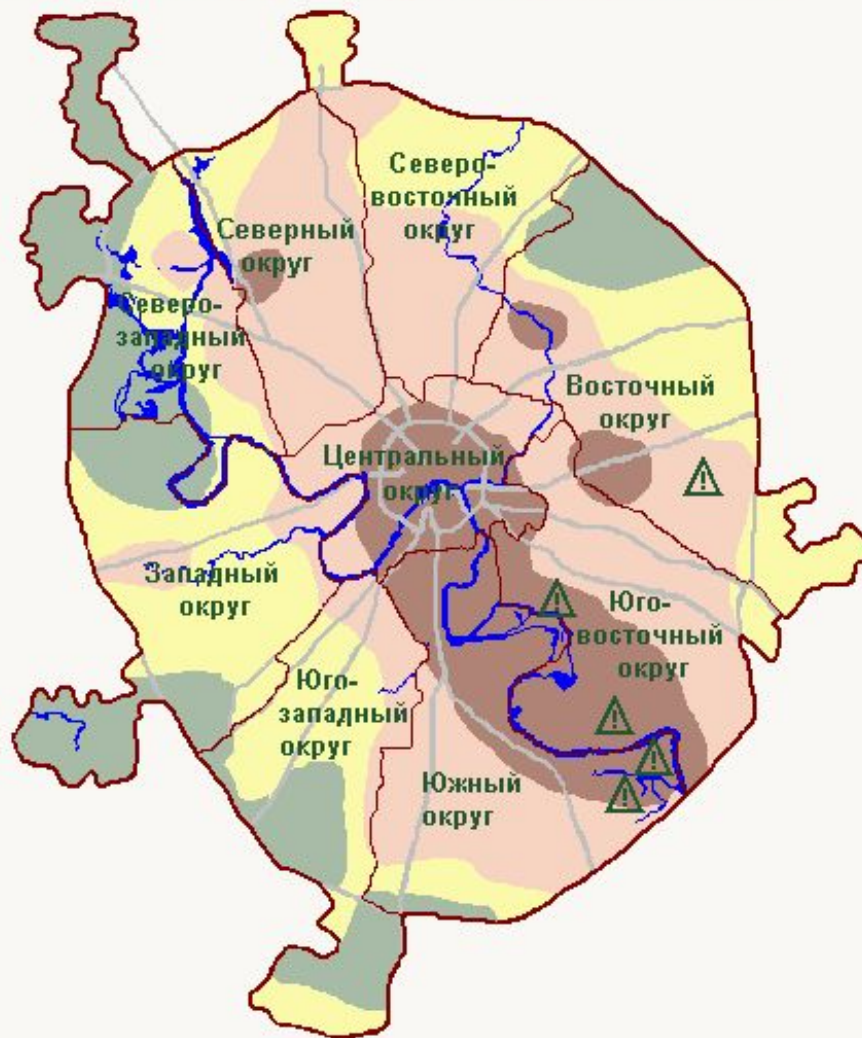
# Расчет рангового индекса канцерогенной опасности:






$$HRI_{\text{канц.}} = E \times Wc \times P / 10000,$$

где

- P - численность популяции под воздействием;
- E - величина условной экспозиции (объем годового выброса, т/год);
- Wc - весовой коэффициент канцерогенной активности (см.таблицу).

Распределение загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на территории г. Москвы.



- |  |   |   |
|--|---|---|
|  Благоприятно   |  Относительно благоприятно |  Районы, из которых поступает наибольшее количество жалоб от населения |
|  Неблагоприятно |  Крайне неблагоприятно     |   |



## Примеры расчетных таблиц

<b>Наименование вещества</b>	<b>Выброс вещества, т/год</b>	<b>Вклад %</b>
<b>2</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
Свинец	0,0001	0,001
Формальдегид	0,2965	1,51
Углерод (Сажа)	0,0375	0,19
Бенз(а)пирен	0,0037	0,02
Хром 6+	1,2611	6,43
Никель	0,0005	0,001
Бензол	10,1095	51,55
Бензин (?)	0,0249	0,13

# Весовые коэффициенты для оценки канцерогенных эффектов (Wc):

Фактор канцерогенного потенциала (мг/кг)	Группа по классификации US EPA	
	A/B	C
0.005	10	1
0.005 – 0.05	100	10
0.05 – 0.5	1000	100
0.5 – 5.0	10000	1000
5.0 – 50.0	100000	10000
> 50.0	1000000	1000000

# Факторы канцерогенного потенциала (мг/(кг сут.))<sup>-1</sup>

CAS	Вещество	МАИР	ЕРА	SFO	SFI
72178-02-0	Фомесафем		C	0,19	0,19
50-00-0	Формальдегид	2A	B1	-	0,046
961-11-5	Фосфорная кислота, 2-хлор-1-(2,4,5-трихлорфенил) винил, диметиловый эфир	C		0,024	0,024
67-45-8	Фуразолидон	3	B2	3,8	3,8
59-87-0	Фурациллин	3	B2	1,5	9,4

# Пример расчета.

Ранговый индекс канцерогенной опасности

- Вещество: формальдегид
- Выброс: 25 т в год
- Численность населения под воздействием: 15000 чел.

# Пример расчета.

Ранговый индекс канцерогенной опасности

$$\mathbf{HRI}_{\text{канц.}} = \mathbf{E} \times \mathbf{Wc} \times \mathbf{P} / 10000$$

потенциал канцерогенного риска (SFi)  
формальдегида = 0,046, группа по EPA – B1

$$E = 25; P = 15000; Wc = 100$$

$$\mathbf{HRI}_{\text{канц.}} = 25 \times 100 \times 15000 / 10000 = \mathbf{3750}$$

# Примеры расчетных таблиц.

Ранжирование выбросов по степени опасности канцерогенных эффектов

<b>№</b>	<b>Название вещества</b>	<b>CAS</b>	<b>Выброс, т/г</b>	<b>Канцерогенная опасность (по группе МАИР)</b>	<b>SFi</b>	<b>HRic</b>	<b>Вклад в <math>\sum</math>HRic, %</b>	<b>Ранг по HRic</b>
<b>1</b>	<b>Сажа</b>	<b>-</b>	<b>0,0375</b>	<b>1</b>	<b>0,0155</b>	<b>0,375</b>	<b>60,1</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Бензин (USA)</b>	<b>8006-61-9</b>	<b>0,0249</b>	<b>2B</b>	<b>0,035</b>	<b>0,249</b>	<b>39,9</b>	<b>2</b>

# Расчет рангового индекса неканцерогенной опасности:

$$HRI_{\text{неканц.}} = E \times TW \times P / 10000,$$

где

- $P$  - численность популяции под воздействием;
- $E$  - величина условной экспозиции (объем годового выброса, т/год);
- $TW$  - весовой коэффициент неканцерогенной активности (см. таблицу).

# Примеры расчетных таблиц

Код	Наименование вещества	Используемый критерий	Значение критерия, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Выброс вещества, Тыс.т/год	Вклад %
1	2	3	4	5	6	7
0143	Марганец	ПДК м/р	0,01	2	0,0001	0,001
0301	Азота диоксид	ПДК м/р	0,2	3	0,2965	1,51
0328	Углерод (Сажа)	ПДК м/р	0,15	3	0,0375	0,19
0330	Сера диоксид	ПДК м/р	0,5	3	0,0037	0,02
0337	Углерод оксид	ПДК м/р	5	4	1,2611	6,43
0342	Фториды	ПДК м/р	0,02	2	0,0005	0,001
0415	Смесь углеводородов предельных С1-С5	ОБУВ	50		10,1095	51,55
0416	Смесь углеводородов предельных С6-С10	ОБУВ	30		7,726	39,39
2704	Бензин	ПДК м/р	5	4	0,0249	0,13
2735	Масло минеральное	ОБУВ	0,05		0,0986	0,50
3714	Угольная зола	ОБУВ	0,3		0,0535	0,001



Весовые коэффициенты для  
оценки неканцерогенных  
эффектов (TW):

Безопасная доза, мг/кг	Безопасная концентрация, мг/м <sup>3</sup> .	Весовой коэффициент
< 0.00005	< 0.000175	100000
0.00005 – 0.0005	0.000175 – 0.00175	10000
0.0005 – 0.005	0.00175 – 0.0175	1000
0.005 – 0.05	0.0175 – 0.175	100
0.05 – 0.5	0.175 – 1.75	10
> 0.5	> 1.75	1

# Референтные концентрации для хронического ингаляционного воздействия

CAS	Вещество	RFc	Критические органы/системы
79-10-7	Акриловая кислота	0,001	органы дыхания
107-13-1	Акрилонитрил	0,002	органы дыхания, рак, репрод.
107-02-8	Акролеин	2,00E-05	органы дыхания, глаза
1596-84-5	Алар	0,52	
15972-60-8	Алахлор	0,035	гормон., кровь

# Пример расчета.

Ранговый индекс неканцерогенной опасности

- Вещество: формальдегид
- Выброс: 25 т в год
- Численность населения под воздействием: 15000 чел.

# Пример расчета.

Ранговый индекс неканцерогенной опасности

$$\text{HRI}_{\text{канц.}} = E \times \text{TW} \times P / 10000$$

(безопасная доза RfD = 0,2 мг/кг)

$$E = 25; P = 15000; \text{TW} = 10$$

$$\text{HRI}_{\text{канц.}} = 25 \times 1000 \times 15000 / 100 = 375$$

# Примеры расчетных таблиц

(Характеристика выбросов промышленной площадки  
по классам опасности веществ)

№	Количество выбрасываемых веществ	Класс опасности	Выброс (т/год)	%
1	нет	1	0	0
2	2	2	0,0006	0,003 %
3	4	3	0,337719	1,722 %
4	2	4	1,286	6,557 %
5	4	-	17,9876	91,72 %

# Примеры расчетных таблиц.

Ранжирование выбросов по степени опасности неканцерогенных эффектов

№	Название вещества	CAS	класс	ПДВ, т/г	RFC, мг/м <sup>3</sup>	HRI	Вклад $\Sigma$ HRI, %	Ранги
1	Смесь С1-С5			10,1095	0,48	10,1095	41,85	1
2	Смесь С6-С10			7,726	0,2	7,726	31,98	2
3	Азота диоксид	10102-44-0	3	0,2965	0,04	2,965	12,27	3
4	Марганец	7439-96-5	2	0,0001	0,00005	1	4,14	4
5	Масло минеральное	8012-95-1		0,0986	0,05	0,986	4,08	5
6	Угольная зола			0,0535	0,075	0,535	2,21	6
7	Углерод (Сажа)	1333-86-4	3	0,0375	0,05	0,375	1,55	7
8	Бензин	8006-61-9	4	0,0249	0,071	0,249	1,03	8
9	Углерод оксид	630-08-0	4	1,2611	3	0,1261	0,52	9
10	Фториды газообразные	7664-39-3	2	0,0005	0,014	0,05	0,21	10
11	Сера диоксид	7446-09-5	3	0,0037	0,05	0,037	0,15	11
12	диЖелезо триоксид	1309-37-1	3	0,000019	0,04	0,0002	0,00	12

# Примеры расчетных таблиц.

Перечень химических веществ, включенных в дальнейшее исследование

№	вещество	CAS	обоснование	ранг	
				канцерогены	неканцерогены
1	Смесь углеводородов предельных C1-C5		П, В1		1
2	Смесь углеводородов предельных C6-C10		П, В2		2
3	Азота диоксид	10102-44-0	П, В4		3
-----	-----	-----	-----	-----	-----
7	Углерод (Сажа)	1333-86-4	П, В7, К	1	7
8	Бензин	8006-61-9	П, В8, К	2	8

Примечание:

П – высокий приоритет (ранг по HRI и HRIc)

К – канцерогены

В – большая доля в суммарном выбросе, цифра – ранг по доле выброса

# Этап идентификации опасности

- Самостоятельное решение задачи №1
  - Файл Rang\_indx\_blank.xls
  - Файл Rang\_indx\_full.xls



# Оценка экспозиции.

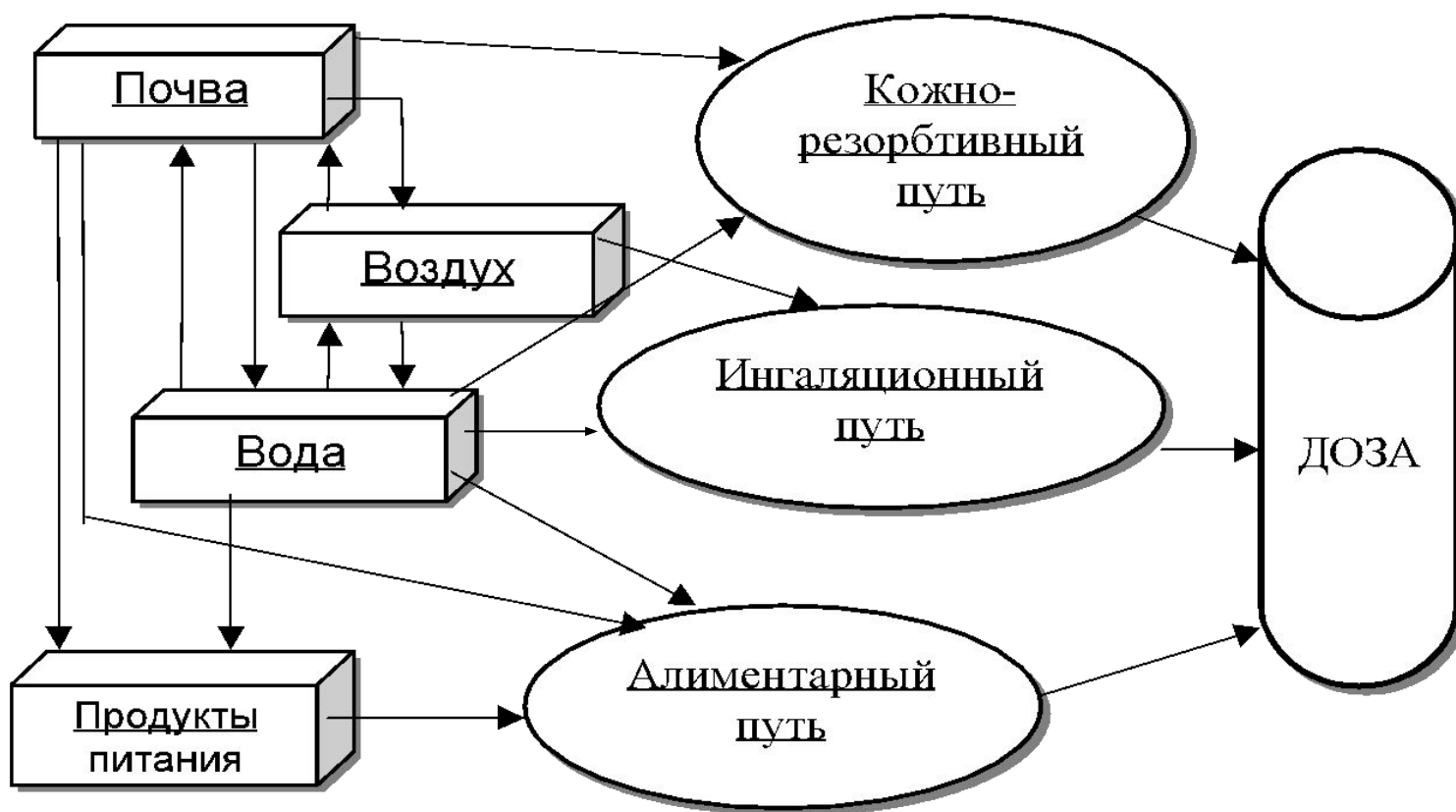
## Цель:

- получение информации о том, с какими реальными или потенциальными дозовыми нагрузками сталкиваются (или будут сталкиваться) те или иные группы населения.

# Оценка экспозиции. основной вид работ на этапе:

- Под оценкой экспозиции как правило понимают процесс измерения количества агента в конкретном объекте среды обитания, находящееся в соприкосновении с так называемыми пограничными органами человека (легкие, желудочно-кишечный тракт, кожа) в течение какого-либо точно установленного времени, сопровождающийся оценкой частоты, продолжительности и путей воздействия.

# Типичные маршруты движения веществ при формировании экспозиционных нагрузок



# Оценка экспозиции.

## Виды воздействия:

- острое - при продолжительности воздействия менее 2 недель;
- подострое - при продолжительности воздействия до 7 лет;
- хроническое - при продолжительности воздействия более 7 лет.

# Оценка экспозиции.

## Источники информации:

### Лабораторные методы:

- персональный мониторинг;
- мониторинг объектов окружающей среды.

### Расчетные методы:

- эмпирические модели;
- статистические модели;
- имитационные математические модели.

# Приборное обеспечение и наименование веществ для оценки ингаляционной экспозиции



СHEMEXPRESSTM  
(США)  
формальдегид

ORGANIC VAPOR  
MONITOR 3500  
летучие органические  
(бензол, ксилол, толуол,  
этилбензол,  
трихлорэтилен,  
тетрахлорэтилен

OGAWA Co.  
(Япония),  
диоксид азота,  
диоксид серы,

«Бриз-1» (Россия)  
общая пыль, свинец,  
кадмий, цинк, медь,  
хром, никель, мышьяк

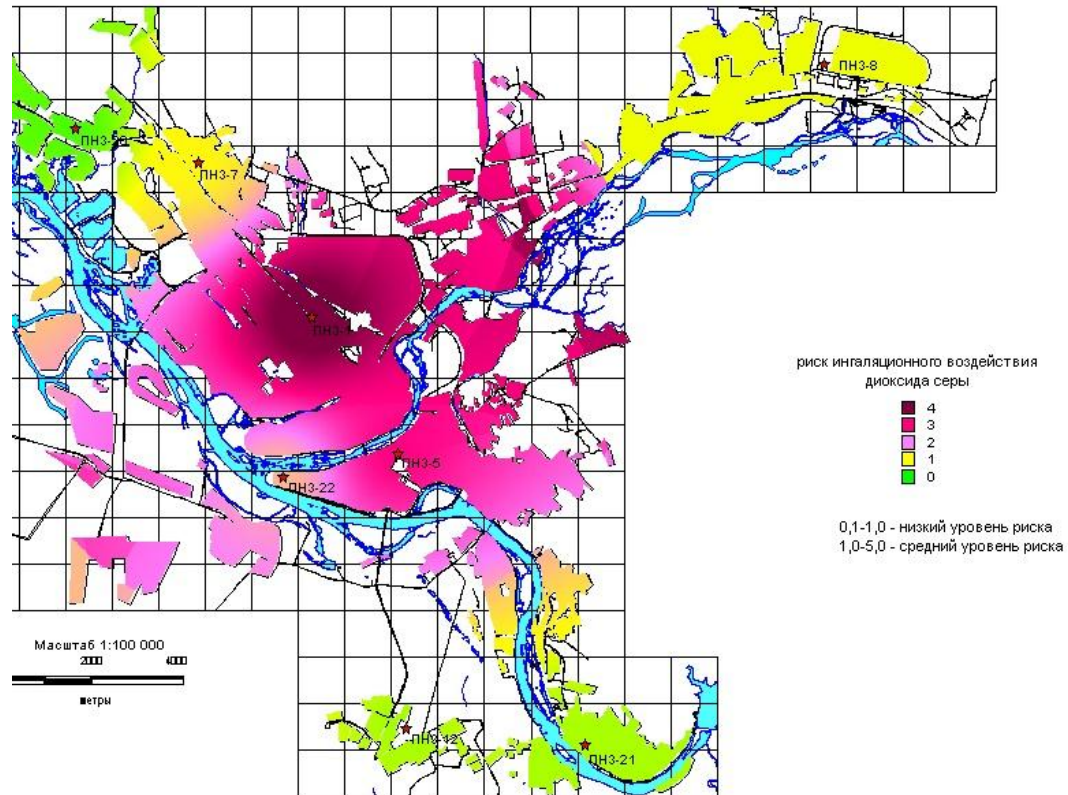


Пылесос  
общая пыль, свинец,  
кадмий, цинк, медь,  
хром, никель, мышьяк,  
Энтомофауна,  
яйца гельминтов



# Оценка экспозиции.

## Источники информации:



риск ингаляционного воздействия  
диоксида серы



0,1-1,0 - низкий уровень риска  
1,0-5,0 - средний уровень риска

# Оценка экспозиции.

## Лабораторные методы:

### Достоинства:

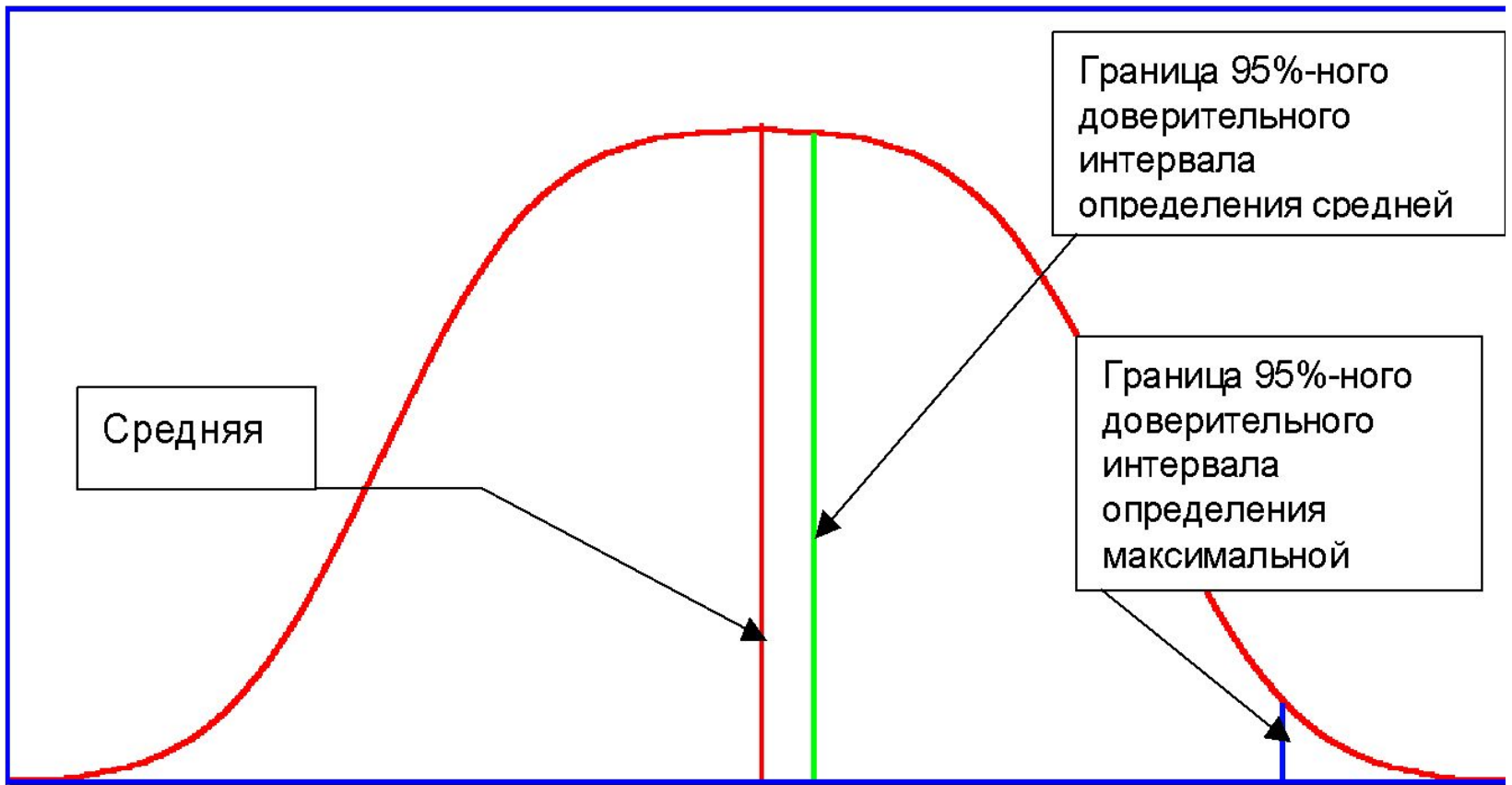
- измерения, выполненные в соответствии с действующими нормативными документами в режиме мониторинга, могут дать объективную информацию о состоянии окружающей среды.

### Недостатки:

- охватывают лишь часть тех примесей, которые действительно присутствуют в том или ином оцениваемом объекте, и привязаны к конкретному посту наблюдения, что при недостаточном числе этих постов затрудняет достоверную интерполяцию. Результаты таких исследований представляют лишь интегральную оценку, без точного выхода на конкретный источник.



# Нормальный ряд



# Оценка экспозиции.

## Требования к статистической обработке лабораторных данных (нормальный ряд):

- Расчет средней величины:  $C_{\text{ср}} = \sum C_i / n$ ;
- Расчет среднеквадратичного отклонения:  $\sigma = \sqrt{(\sum (C_i - C_{\text{ср}})^2) / (n-1)}$ ;
- Расчет ошибки средней величины:  $m = \sigma / \sqrt{n}$  ;
- Максимальная концентрация 95%-ной вероятностной обеспеченности:  
 $C_{\text{макс}} = C_{\text{ср}} + (t \cdot \sigma)$ ;
- Среднегодовая (осредненная) концентрация 95%-ной вероятностной обеспеченности:  $C_{\text{сред}} = C_{\text{ср}} + (t \cdot m)$ ;  
где
- $C_i$  - концентрация вещества последовательно в каждой из проб в ряду наблюдений;
- $t$  - критерий Стьюдента, значение которого зависит от числа проб в ряду наблюдений;
- $n$  - число проб в ряду наблюдений.

## Оценка экспозиции.

### Требования к статистической обработке лабораторных данных (контрольные пробы):

- Расчет доли проб, значение концентраций в которых превышает порог чувствительности метода:  $R_{\text{пор}} = n_{\text{пор}}/n$ . Значение  $R_{\text{пор}}$  должно быть более 0,05, в противном случае метод не применим;
- Расчет концентрации 95%-ной вероятностной обеспеченности (т.е., вероятность превышения которой составляет не более 5% или 0,05 в вероятностных единицах):  $C_{95} = (C_{\text{minmax}} + C_{\text{maxmin}})/2$ ;
- Расчет значения критерия Стьюдента для концентрации 95%-ной вероятностной обеспеченности:  $t_{95}$  - используются стандартные статистические таблицы или формула Excel СТЬЮДРАСПОБР с аргументами 0,05 и (n-1);
- Расчет значения критерия Стьюдента для концентрации с вероятностной обеспеченности на уровне  $R_{\text{пор}}$ :  $t_{\text{пор}}$  - используются стандартные статистические таблицы или формула Excel СТЬЮДРАСПОБР с аргументами  $R_{\text{пор}}$  и (n-1);
- Расчет среднеквадратичного отклонения :  $\sigma = (C_{95} - C_{\text{пор}}) / (t_{95} - t_{\text{пор}})$ ;
- Расчет средней концентрации:  $C_{\text{cp}} = C_{95} - (t_{95} \cdot \sigma)$ ;
- Расчет ошибки средней величины:  $m = \sigma / \sqrt{n}$  ;
- Расчет среднегодовой (осредненной) концентрации 95%-ной вероятностной обеспеченности:  $C_{\text{сред}} = C_{\text{cp}} + (t \cdot m)$ ;

где

$n_{\text{пор}}$  – число проб со значением концентраций, превышающих порог чувствительности метода;

$n$  – число проб в ряду наблюдений;

$C_{\text{minmax}}$  – минимальное значение концентрации среди проб, составляющих 5% максимальных значений;

# Оценка экспозиции.

## Расчетные методы:

### Достоинства:

- Возможность ретроспективной, текущей и перспективной оценки качества объекта окружающей среды в любой точке пространства, что позволяет делать адекватный прогноз и управление ситуацией.

### Недостатки:

- Сильная зависимость от качества исходной информации и возможностей модели;
- «Виртуальность» получаемых результатов;
- Затрудненность объективного подтверждения достоверности результатов.

# Примеры расчетных моделей:

- ISC3 (Industrial Source Complex Model). Модель промышленных выбросов.
- В модификации AERMOD, созданной взамен серии моделей ISC, используются более современные представления о строении пограничного слоя и о процессе диффузии в конвективных условиях
- \* Разработана Американским Агентством по охране окружающей среды (EPA US). В настоящее время фактически заменена AERMOD и является контрольной (regulatory) моделью в EPA.
- \* ISCLT3 – оценка долгопериодного осреднения;  
ISCST3 – оценка краткосрочного воздействия

# AERMOD

- Входными метеорологическими параметрами являются ежечасные данные наземных наблюдений и данные утреннего вертикального зондирования, включая высоту пограничного слоя и профиль потенциальной температуры. К данным наземных наблюдений относятся: скорость и направление ветра на фиксированной высоте, температура окружающего воздуха, шероховатость подстилающей поверхности, альbedo, отношение Боуэна, облачность. Если облачность не определена, используются значения температуры на двух уровнях и солнечная радиация.

# Примеры расчетных моделей:

- MPP. Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе (в соответствии с приказом МПРиЭ от 6 июня 2017 г. N 273 взамен ОНД 86). Предназначены для вычисления полей максимальных и средних концентраций. Нормативная российская методика для разработки проектных документов по обоснованию предельно-допустимых выбросов промышленных предприятий.

\* Пример программной реализации: продукты серии «Эколог» фирмы «Интеграл» (Санкт-Петербург).

# MPP-273

- Основным входным метеорологическим параметром является значение коэффициента  $A$  (коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы, в пределах от 140 до 250), соответствующий неблагоприятным метеорологическим условиям, при которых концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе максимальна.
- Для расчета среднегодовых концентраций используется климатический файл, подготавливаемый ГГО им. А.И. Воейкова индивидуально для каждого заказчика.



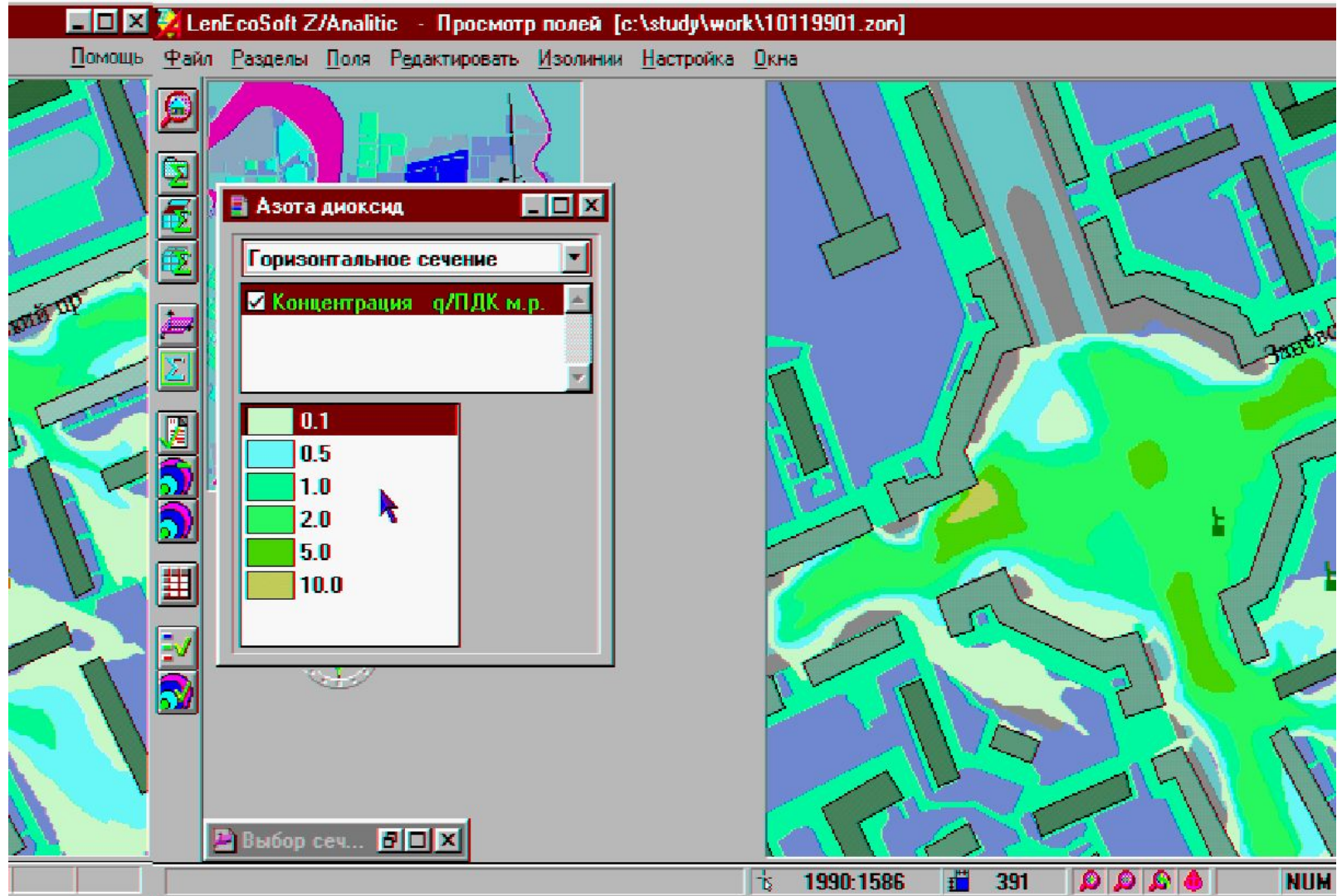
# Примеры расчетных моделей:

- Модель Гауссова факела. Предназначена для вычисления полей максимальной и среднегодовых концентраций при различных климатических условиях и типах застройки. Общепризнанная международная методика для разработки природоохранных проектных документов.
- \* Пример программной реализации: «ЭРА-Воздух» фирмы «Логос+» (Новосибирск).

# Примеры расчетных моделей:

- Гидродинамическая модель. Предназначена для вычисления полей концентраций любых произвольных периодов осреднения в условиях сложного рельефа и/или плотной застройки. Детально учитывает погодные и климатические условия территории.
- \* Пример программной реализации: продукты серии «Zone» фирмы «ЛенЭкософт» (Санкт-Петербург).

# Пример результата работы расчетной модели:



# Результаты сравнительного тестирования моделей – точечный источник

- Отклонения ISCLT3/MPP-273 ~ 27,3% ;
- Отклонения ISCLT3/Гаус в пределах 224,6% - 868,9% ;
- отклонения ISCLT3/Гидродинамическая+метод ~ 89,3%.

# Результаты сравнительного тестирования моделей – линейный источник (автомагистраль)

- Отклонения ISCLT3/ MPP-273 ~ 30,0% ;
- Отклонения ISCLT3/Гаус - более чем в 50 раз (более 5000%);
- отклонения ISCLT3/Гидродинамическая - от 173,5 до 675,6%

# ИИ и цифровой воздух

## Модули платформы



### **Высокоплотная сеть мониторинга**

состоит из узлов мониторинга и локальных метеостанций, которые контролируют качество воздуха, метеопараметры, и непрерывно передают точные данные в режиме реального времени.

### **Аналитическая платформа**

интеллектуальная среда, которая обрабатывает и анализирует текущие данные, строит прогнозы, информирует об опасностях

### **Управленческий модуль**

в личном кабинете доступны текущие и прогнозируемые данные в виде непрерывных карт, графиков и таблиц, а также информационные уведомления

# ИИ и цифровой воздух

## Узлы мониторинга:

- Мониторинг концентраций **более 30 веществ**, включая 7 базовых для городов - **CO, NO2, SO2, O3, PM1, PM2.5, PM10**
- Высокая точность измерений
- Удаленная калибровка устройств
- Передача данных через проводные и беспроводные каналы связи
- Простота и удобство в монтаже
- Различные варианты питания – PoE, солнечная батарея, 220 Вт.
- Длительный срок службы устройств – до 10 лет

# Расчет среднесуточной дозы (ADD) или поступления (ADI):

$$\text{ADD (ADI)} = (C \times CR \times ED \times EF) / (BW \times AT \times 365)$$

- ADD - среднесуточная доза (ADI - среднесуточное поступление);
- C - концентрация вещества в среде обитания;
- CR - скорость поступления (объем ежедневно вдыхаемого воздуха м<sup>3</sup>/день или количество потребляемой питьевой воды л/сут и пр.);
- ED - продолжительность воздействия, лет;
- EF - частота воздействия, дней/год;
- BW - масса тела человека;
- AT - период осреднения экспозиции, лет;
- 365 - число дней в году.



# Факторы экспозиции, рекомендуемые ВОЗ:

Фактор экспозиции	Величина
<b><i>Масса тела, кг</i></b>	
средний взрослый	60
-	70
взрослый мужчина	58
взрослая женщина	64
средняя величина - рекомендуемая ВОЗ	60
<b><i>Площадь поверхности тела, см<sup>2</sup></i></b>	
-	18 000
взрослый мужчина	16 000
взрослая женщина	

# Факторы экспозиции, рекомендуемые ВОЗ:

Фактор экспозиции	Величина
<i>Потребление жидкости (молоко, питьевая вода и другие напитки), мл/день</i>	
Нормальные условия: -	1000-2400 (2000)
взрослые	1950
взрослый мужчина	1400
взрослая женщина	1400
дети (10 лет) Повышенная температура (32 ° C)	
-	2840-3410
взрослые Умеренная активность	
-	3700

взрослые

# Факторы экспозиции, рекомендуемые ВОЗ:

Фактор экспозиции	Величина
<i>Ингаляция за сутки, м3 (8 часов отдыха, 16 часов легкой или непроизводственной деятельности)</i>	
-	23
взрослый мужчина	21
взрослая женщина	15
ребенок (10 лет)	22
средний взрослый	

# Факторы экспозиции, рекомендуемые ВОЗ *Случайное заглатывание почвы* :

Показатель заглатывания почвы, возраст 1 - <6, сценарий жилой зоны	200 мг/день
То же, возраст 6 и более лет	100 мг/день 400 мг/день (верхний процентиль)
Показатель заглатывания почвы, взрослый	50 мг/день
Контаминированная фракция заглатываемой почвы, сценарий жилой зоны	1
Частота экспозиции в год	350 (137—365)
Частота экспозиции, ребенок, лето	5 дней/нед., 13 нед./год
То же, весна и осень	3 дня/нед., 26 нед./год
Продолжительность экспозиции для почвы, сценарий жилой зоны, возраст 1 — <6	5 лет
Масса тела, возраст 1 — <6	15— 16кг

# Факторы экспозиции, рекомендуемые ВОЗ *Кожная экспозиция для почвы :*

Величина загрязнения кожи почвой	1,0 мг/см <sup>2</sup> -день
Контаминированная фракция почвы, производственный сценарий	1
Контаминированная фракция почвы, сценарий жилой зоны	1
Абсорбированная фракция	1
Площадь поверхности тела, взрослый	1,82 м <sup>2</sup>
Площадь поверхности тела, возраст 6 — <18 лет	1,31 м <sup>2</sup>
Площадь поверхности тела, возраст 0 — <6 лет	0,53 м <sup>2</sup>
Частота экспозиции, дети, лето	1
Частота экспозиции, дети, весна и осень	5 дней/нед., 13 нед./год
Частота экспозиции, садоводческий сезон, весна и лето	3 дня/нед., 26 нед./год

# Пример расчета экспозиции по сокращенной схеме:

$$\mathbf{ADI = C \times CR / BW}$$

Условия:

- Концентрация вещества в воздухе - 1,5 мг/м<sup>3</sup>;
- Расчет экспозиции на среднего взрослого мужчину.

Расчет:

- $ADD (I) = 1,5 \text{ мг/м}^3 \times 23 \text{ м}^3 / 70 \text{ кг} = 0,493 \text{ мг/кг}$

# Пример расчета экспозиции по уточненной схеме:

$$ADI = (C \times CR \times ED \times EF) / (BW \times AT \times 365)$$

## Условия:

- Концентрация вещества в воздухе - 1,5 мг/м<sup>3</sup>;
- Расчет экспозиции на среднего взрослого мужчину, проживающего на территории загрязнения 10 лет при средней длительности воздействия за год - 300 дней.
- Средняя ожидаемая продолжительность жизни - 70 лет.

## Расчет:

- $ADI = (1,5 \text{ мг/м}^3 \times 23 \text{ м}^3 \times 10 \text{ лет} \times 300 \text{ дней}) / (70 \text{ кг} \times 70 \text{ лет} \times 365 \text{ дней}) = 0,0579 \text{ мг/кг}$

# Пример расчета экспозиции по сокращенной схеме:

$$\mathbf{ADI = C \times CR / BW}$$

## Условия:

- Концентрация вещества в почве - 900 мг/кг;
- Расчет экспозиции на среднего взрослого мужчину (вес – 70 кг, показатель заглатывания почвы – 50 мг или 0,00005 кг).

## Расчет:

- $ADD = 900 \text{ мг/кг} \times 0,00005 \text{ кг} / 70 \text{ кг} = 0,00064 \text{ мг/кг}$



# Этап оценки экспозиции

- Самостоятельное решение задачи №2
- Файл Pole\_C\_D\_full.xlsx

# Оценка зависимости «доза-эффект»

- Цель: оценка вероятности развития неблагоприятных для здоровья эффектов при заданном уровне экспозиции (заданной дозовой нагрузке).

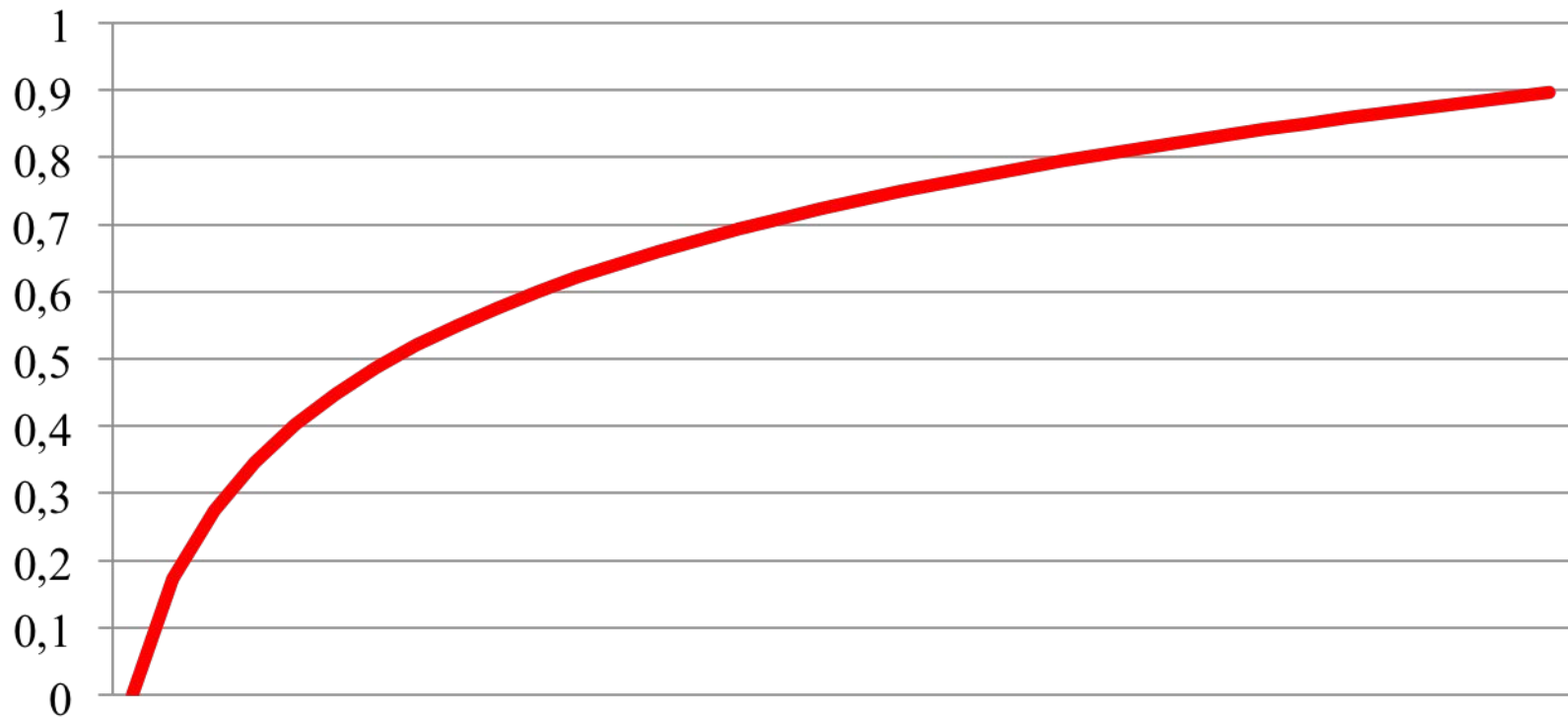
# Оценка зависимости «доза-эффект»

Линейная модель:  $E = a + b \times D$



# Оценка зависимости «доза-эффект»

Экспоненциальная  $E = 1 - \exp(a + b \cdot D)$



# Зависимость «доза-эффект»

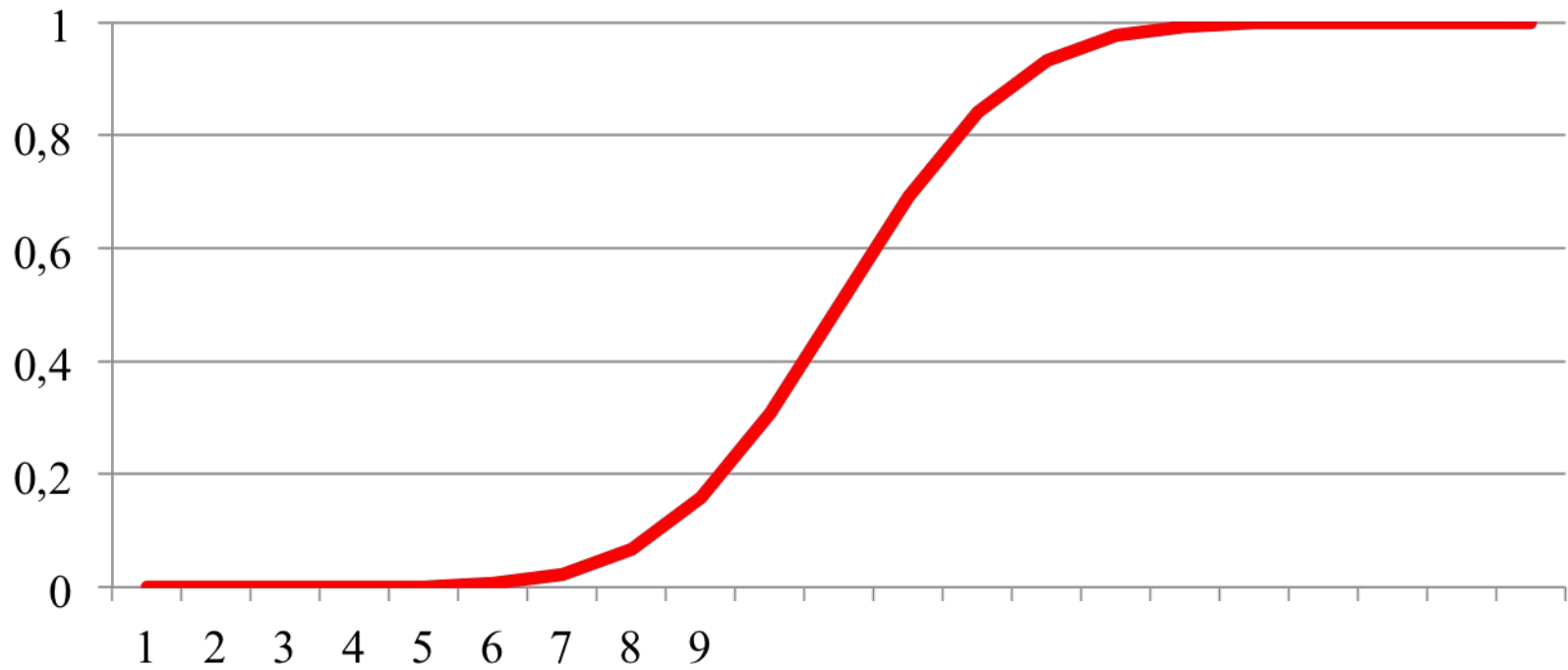
при относительно длительном воздействии токсического вещества в стабильных уровневых условиях зависимость "доза-время-эффект" выражается следующим уравнением:

$$E = E_m - \exp [ -k^n \lambda C^n (t_{\text{общ}} - t_{\text{равн}}) ], \text{ где}$$

- $E$  - токсический эффект при данной концентрации и данном времени воздействия;
- $E_m$  - максимальный эффект;
- $n$  - стехиометрический коэффициент биологической реакции;
- $k$  - константа скорости лимитирующей реакции;
- $t_{\text{общ}}$  - общее время воздействия ксенобиотика;
- $t_{\text{равн}}$  - время установления равновесия между концентрациями ксенобиотика во внешней среде и в организме;
- $\lambda$  - коэффициент распределения организм/окружающая среда;
- $C$  - концентрация токсического вещества в окружающей среде.

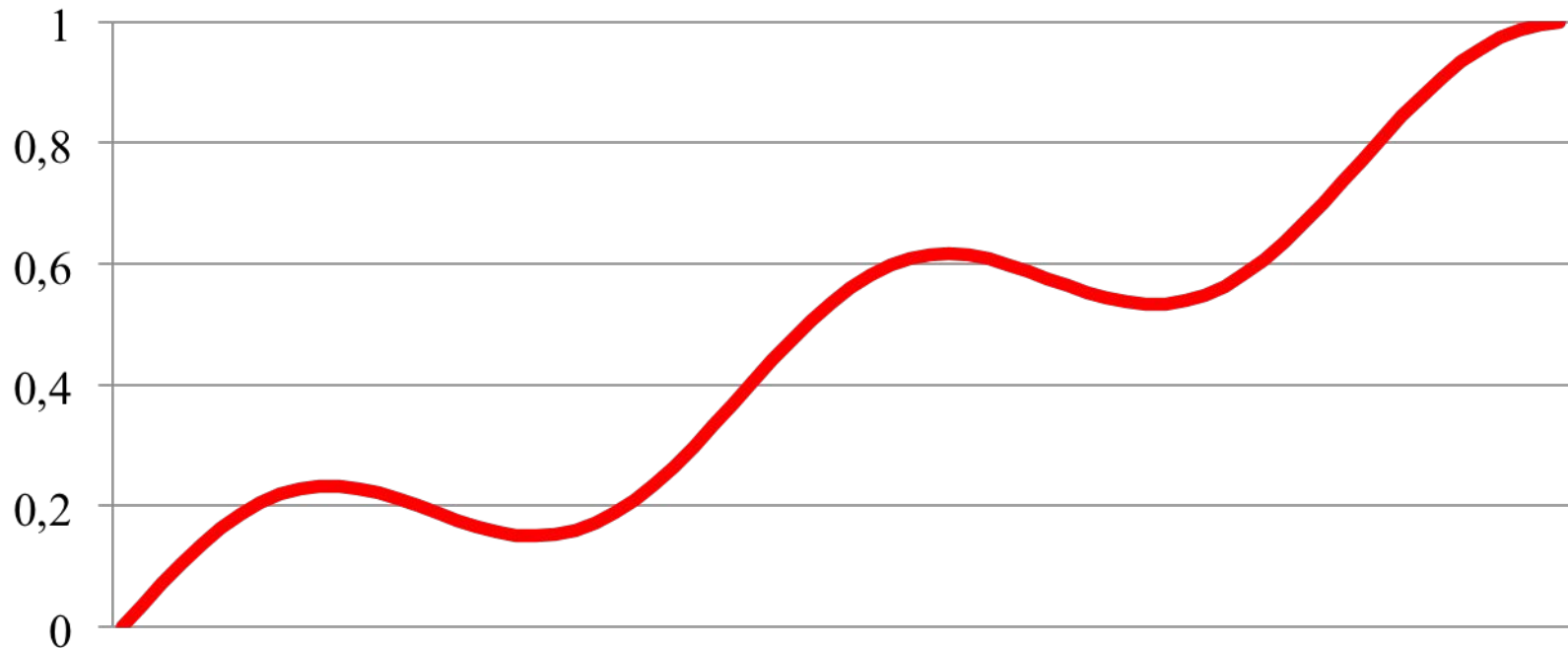
# Оценка зависимости «доза-эффект»

**S-образные модели**  
(логистическая, нормально-вероятностная и др.)



# Оценка зависимости «доза-эффект»

**Модели, учитывающие адаптационные  
механизмы и многовариантность ответов**



# Зависимость «доза-эффект», классификация моделей для практического применения

- Пороговые:

- концепция предельно допустимых концентраций,
- метод «референтных» доз и концентраций,
- доли превышения порогов запаха, раздражающих эффектов, острого действия.

- Беспороговые:

- канцерогенный риск;
- хронический (беспороговый) риск;
- модель вероятности обнаружения неспецифического и/или навязчивого запаха;
- частные модели, основанные на результатах эпидемиологических исследований.



# Сетевые ресурсы по оценке риска

- База TERA (Рекомендована НИИ им. А.Н.Сысина)  
<http://www.tera.org/ITER/index.html>;  
[http://iter.ctcnet.net/publicurl/pub\\_search\\_list.cfm](http://iter.ctcnet.net/publicurl/pub_search_list.cfm)
- Подписка на 11-томное издание «Вредные вещества в промышленности» <http://www.naukaspb.ru/Podpiski/VHV.htm>
- Американский ресурс Scorecard <http://www.scorecard.org/>
- Отечественный интернет-ресурс по Окружающей среде и оценке риска <http://erh.ru/index.php>
- Американская база IRIS  
<http://cfpub.epa.gov/ncea/iris/index.cfm>
- Международная токсикологическая сеть  
<http://toxnet.nlm.nih.gov/>
- Интернет-ресурс Химик.ру <http://www.xumuk.ru/>

# Зависимость «доза-эффект», пороговые модели

- Концепция ПДК, принципы:

- Принцип пороговости распространяется на все эффекты неблагоприятного воздействия;
- Соблюдение норматива (ПДК и др.) гарантирует отсутствие неблагоприятных для здоровья эффектов;
- Превышение норматива может вызвать неблагоприятные для здоровья эффекты, при этом отсутствует практический механизм определения конкретной формы этих эффектов и их количественного выражения.

# Пример использования концепции ПДК для оценки качества атмосферного воздуха в соответствии с СанПиН

## 1.2.3685-21

- Концентрация, обеспечивающая допустимые (приемлемые) уровни риска при воздействии не менее 24 часов - среднесуточная (аналог референтной концентрации с периодом осреднения сутки)
- Концентрация, обеспечивающая допустимые (приемлемые) уровни риска при хроническом (не менее 1 года) воздействии – среднегодовая (аналог референтной концентрации с периодом осреднения год).

# Зависимость «доза-эффект», пороговые модели

- Типы референтных доз и концентраций:

- REL - Cal/EPA Reference Exposure Levels (Референтные экспозиционные уровни, утвержденные для Калифорнии или на уровне Американского Агентства по Охране Окружающей среды)
- RfCci - Chronic Inhalation Reference Concentration (Референтная концентрация при хроническом ингаляционном воздействии)
- RfCsi - Subchronic Inhalation Reference Concentration (Референтная концентрация при субхроническом ингаляционном воздействии)
- RfDco - Chronic Oral Reference Dose (Референтная доза при хроническом пероральном воздействии)
- RfDso - Subchronic Oral Reference Dose (Референтная доза при субхроническом пероральном воздействии)

# Зависимость «доза-эффект», пороговые модели

- Типы референтных доз и концентраций:
  - ARFC – референтная концентрация острого воздействия (Российский норматив)
  - RFC – референтная концентрация хронического воздействия (Российский норматив)
  - RFD – референтная доза хронического воздействия (Российский норматив)

# Зависимость «доза-эффект», пороговые модели

- Типы референтных доз и концентраций:

2.1. Референтные концентрации для острых ингаляционных воздействий			
CAS	Вещество	ARFC, мг/м <sup>3</sup>	Критические органы/системы
107-02-8	Акролеин	0,0001	глаза
7664-41-7	Аммиак	0,35	органы дыхания, глаза
1330-20-7	Ксилол	4,3	ЦНС, органы дыхания, глаза
75-15-0	Сероуглерод	20	репрод., развитие, кровь

# Зависимость «доза-эффект», пороговые модели

- Типы референтных доз и концентраций:

2.2. Референтные концентрации для хронического ингаляционного воздействия			
CAS	Вещество	ARFC, мг/м <sup>3</sup>	Критические органы/системы
10102-44-0	Азот диоксид	0,04	органы дыхания, кровь (образование MetHb)
107-02-8	Акролеин	2,00E-05	органы дыхания, глаза
10043-35-3	Борная кислота	0,02	органы дыхания, репрод.
74-93-1	Метилмеркаптан	0,001	органы дыхания, ЦНС
67-66-3	Хлороформ	0,098	печень, развитие, почки, ЦНС

# Зависимость «доза-эффект», пороговые модели

- Типы референтных доз и концентраций:

2.3. Референтные дозы при хроническом пероральном поступлении			
CAS	Вещество	RfD, мг/кг	Поражаемые органы и системы
107-02-8	Акролеин	0,0005	кровь, смертность
1344-28-1	Алюминий оксид	1	жел.-киш. тракт, ЦНС, масса тела
7440-41-7	Бериллий	0,002	жел.-киш. тракт, масса тела
7439-89-6	Железо	0,3	слизистые, кожа, кровь, иммун.
7440-70-2	Кальций	41,4	почки, биохим. (алкалоз, ги-перкальцинемия)
7439-96-5	Марганец	0,14	ЦНС, кровь



# Фрагмент сетевой базы Scorecard

(www.scorecard.org)

<b>Chemical:</b>	COPPER
<b>CAS Number:</b>	7440-50-8

## Risk Assessment Values or Standards

	Value	Units	Reference
Inhalation cancer risk value (potency)	Not a recognized or suspect carcinogen		
Inhalation noncancer risk value (reference concentration)	0.02	ug/m3	OEHA-REL

Соответственно в русском переводе:

<b>Название вещества:</b>	МЕДЬ
<b>Номер классификации CAS</b>	7440-50-8

## Значение для оценки риска или Стандарты

	Значение	Единицы	Ссылка
Величина для расчета потенциального канцерогенного ингаляционного риска	Не признан или не подозревается в качестве канцерогена		
Величина для расчета потенциального неканцерогенного ингаляционного риска (референтная концентрация)	0,02	мкг/м <sup>3</sup>	OEHA-REL

# Зависимость «доза-эффект», беспороговые модели

- Примеры критериев для оценки канцерогенного риска:
  - SFi - Inhalation cancer slope factor (Фактор канцерогенного риска при ингаляционном воздействии);
  - SFo - Oral cancer slope factor (Фактор канцерогенного риска при пероральном воздействии);
  - URFi - Unit Risk factor inhalation (Модуль канцерогенного риска при ингаляции).

# Зависимость «доза-эффект», пример расчета канцерогенного риска

- Условие:

- оценить канцерогенный риск для ситуации загрязнения питьевой воды хлороформом в концентрации 1 мг/л при ее употреблении в ежедневном количестве 3 л на протяжении периода ожидаемой продолжительности жизни 70 лет и среднем весе человека в популяции 70 кг.

# Критерии оценки риска для хлороформа

Вещество:	ХЛОРОФОРМ
Номер классификации CAS:	67-66-3

## Значения для оценки риска или Стандарты

	Значение	Единицы	Ссылка
Величина для расчета потенциального канцерогенного ингаляционного риска	0.019	кг-день/мг	<a href="#">CRICAR</a>
Величина для расчета потенциального неканцерогенного ингаляционного риска (референтная концентрация)	300	мкг/м <sup>3</sup>	<a href="#">OEHHA-REL</a>
Национальный стандарт на содержание в воздухе	Отсутствует		
Величина для расчета потенциального канцерогенного перорального риска	0.031	кг-день/мг	<a href="#">CRICAR</a>
Величина для расчета потенциального неканцерогенного перорального риска (референтная доза)	0.01	мг/кг-день	<a href="#">IRIS-HEAST</a>
Национальный стандарт в питьевой воде	0.1	мг/л	<a href="#">SDWA-MCL</a>

# Зависимость «доза-эффект», пример расчета канцерогенного риска

- Оценка экспозиции (расчет дозовой нагрузки):

$$\begin{aligned} ADD &= 3\text{л} \times 1\text{мг/л} / 70\text{кг} = \\ &= 0,043 \text{ мг/кг} \end{aligned}$$

# Зависимость «доза-эффект», пример расчета канцерогенного риска

- Оценка риска:

- линейная модель

$$\mathbf{Risk = 0.031 \times 0.043 = 0.00133}$$

- экспоненциальная модель

$$\mathbf{Risk = 1 - exp(- 0.031 \times 0.043) = 0.00133}$$

# Зависимость «доза-эффект», пример расчета канцерогенного риска

- Условие:

– оценить канцерогенный риск для ситуации загрязнения почвы свинцом в концентрации 2000 мг/кг при сценарии воздействия на взрослого мужчину (вес – 70 кг, показатель заглатывания почвы – 50 мг или 0,00005 кг).

# Критерии оценки риска для свинца

<b>CAS</b>	<b>Вещество</b>	<b>МАИР</b>	<b>EPA</b>	<b>SFO</b>	<b>SFI</b>
7439-92-1	Свинец	2А	В2	0,047	0,042



# Зависимость «доза-эффект», пример расчета канцерогенного риска

- Оценка экспозиции (расчет дозовой нагрузки):

$$\begin{aligned} ADD &= 2000 \times 0,00005 / 70 = \\ &= 0,001429 \text{ мг/кг} \end{aligned}$$

# Зависимость «доза-эффект», пример расчета канцерогенного риска

- Оценка риска:

- линейная модель

$$\mathbf{Risk = 0.00143 \times 0.047 = 0.000067}$$

- экспоненциальная модель

$$\mathbf{Risk = 1 - exp(- 0.00143 \times 0.047) = 0.000067}$$

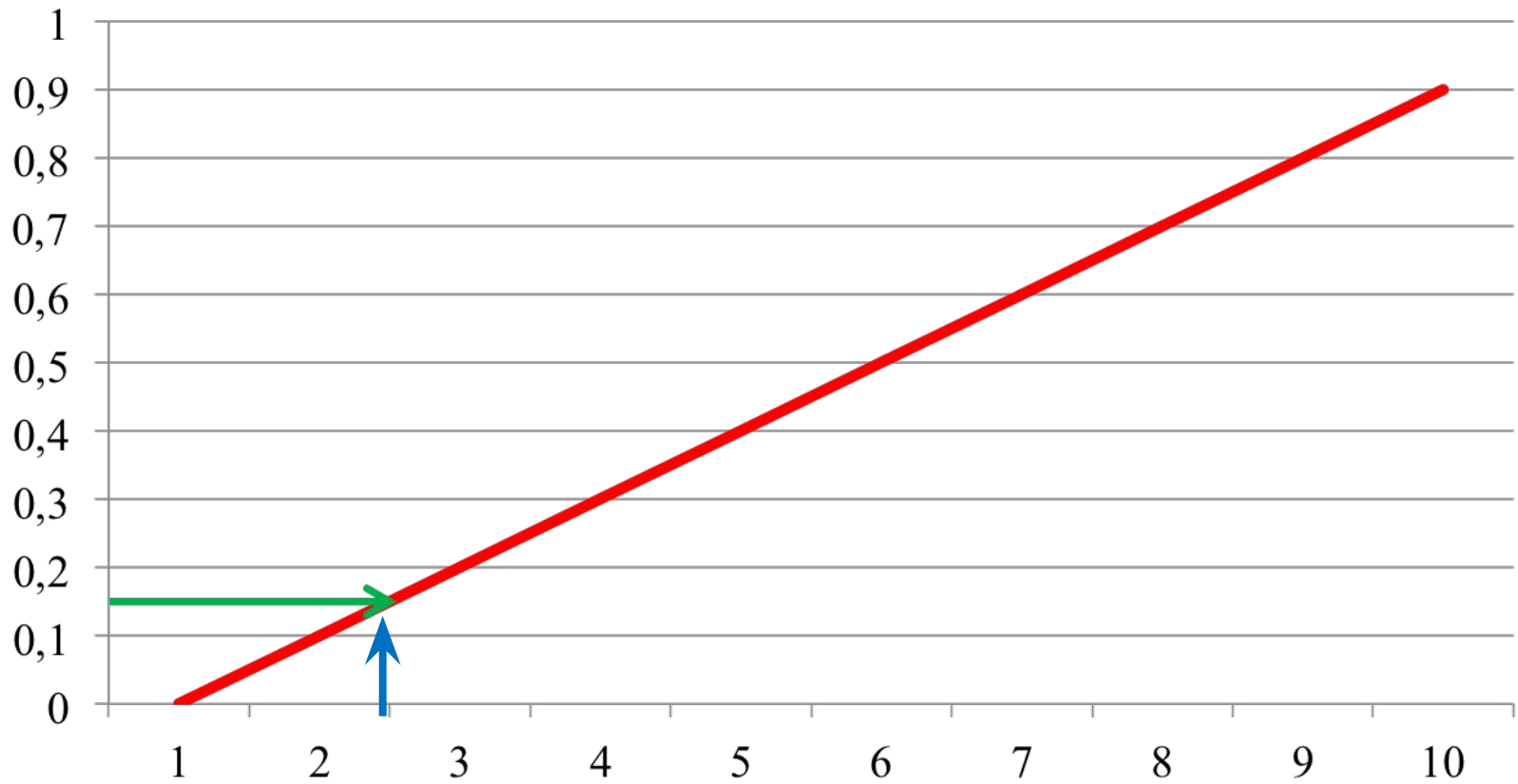
# Иллюстрация неопределенности



# Иллюстрация неопределенности



# Вероятностная оценка порога воздействия



# Зависимость «доза-эффект», беспороговые модели

- Расчет хронического риска по беспороговой модели в соответствии с МР «Комплексная гигиеническая оценка степени напряженности медико-экологической ситуации различных территорий, обусловленной загрязнением токсикантами среды обитания населения», Методические рекомендации, Утверждены Главным государственным санитарным врачом России Г.Г.Онищенко "30"июля 1997 г. №2510/5716-97-32.
- \* Метод применим при уровне загрязнения объекта среды обитания до 10 - 15 ПДК.

# Зависимость «доза-эффект», беспороговые модели

- Расчет хронического риска по беспороговой модели позволяет оценить вероятный рост общей заболеваемости (по сумме всех случаев заболеваний), связанный с загрязнением объектов окружающей среды.

Общая формула:

$$\text{Risk} = 1 - \exp(\ln(0.84) \times C / (\text{ПДК} \times K_3)) \text{ где}$$

- C - среднегодовая концентрация воздействующего вещества;
- ПДК - гигиенический норматив;
- K<sub>3</sub> - коэффициент запаса, который был использован для обоснования ПДК.

# Зависимость «доза-эффект», беспороговые модели

- Расчет хронического риска, связанного с загрязнением атмосферного воздуха, по беспороговой модели предполагает введение дополнительных коэффициентов ( $b$ ), зависящих от класса опасности вещества:

$$\text{Risk} = 1 - \exp (\ln(0.84) \times (C / \text{ПДК})^b / K_3) \text{ где}$$

значения коэффициента  $b$  должно быть принято для веществ **1, 2, 3 и 4 классов** соответственно на уровне **2.35, 1.28, 1.00 и 0.87**, а значения  $K_3$  принимаются соответственно классам опасности на уровне, как минимум, 7.5, 6, 4.5 и 3.



# Зависимость «доза-эффект», беспороговые модели

Пример оценки хронического риска, связанного с загрязнением атмосферного воздуха, по беспороговой модели.

- Условие: Требуется определить риск развития хронических неспецифических эффектов при средней концентрации серной кислоты в воздухе на селитебной территории  $0.4 \text{ мг/м}^3$ . Серная кислота относится ко второму классу опасности ( $b=1.28$ ,  $K3 = 6$ ), ПДК сс =  $0,1 \text{ мг/м}^3$ .

# Зависимость «доза-эффект», беспороговые модели

Пример оценки хронического риска, связанного с загрязнением атмосферного воздуха, по беспороговой модели.

- Оценка:  $Risk = 1 - \exp(\ln(0.84) \times (0.4/0.1)^{1.28} / 6) = 0.157$
- Интерпретация: при заданном уровне загрязнения воздуха серной кислотой вероятная доля ожидаемого увеличения общей заболеваемости составляет 0.157, или, что эквивалентно, 15.7%.

# Зависимость «доза-эффект», беспороговые модели

Обозначение	EN 13725:2003
Наименование	Качество воздуха. Определение содержания запаха методом динамической одорометрии
Аннотация	
Состояние	Введен впервые
Источник информации о состоянии	Каталог CEN 2006-02
Дата введения в действие (вступление в силу)	16.04.2003
Вид ТНПА	EN - европейский стандарт
МКС	13.040.99 Качество воздуха, прочие аспекты

# Зависимость «доза-эффект», беспороговые модели

- Расчет вероятности обнаружения запаха, связанного с загрязнением объектов окружающей среды, в соответствии с МР «Комплексная гигиеническая оценка степени напряженности медико-экологической ситуации различных территорий, обусловленной загрязнением токсикантами среды обитания населения», Методические рекомендации, Утверждены Главным государственным санитарным врачом России Г.Г.Онищенко "30"июля 1997 г. №2510/5716-97-32.
- \* Метод применим при уровне загрязнения объекта среды обитания до 10 - 15 ПДК.

# Зависимость «доза-эффект», беспороговые модели

## Оценка вероятности обнаружения неспецифического запаха:

- ориентировочная оценка:

**1 класс**      **$Prob = -9.15 + 11.66 * \lg (C/ПДК_{м.р})$**

**2 класс**      **$Prob = -5.51 + 7.49 * \lg (C/ПДК_{м.р})$**

**3 класс**      **$Prob = -2.35 + 3.73 * \lg (C/ПДК_{м.р})$**

**4 класс**      **$Prob = -1.41 + 2.33 * \lg (C/ПДК_{м.р})$**

# Зависимость «доза-эффект», беспороговые модели

## Оценка вероятности обнаружения неспецифического запаха

- уточненная оценка по значению порога запаха:

$$Prob = -1 + K.olf. \times \lg(C/Lim.olf)$$

где  $K.olf$  - это коэффициент, который ориентировочно может быть определен в зависимости от класса опасности: 1 класс - 6.0, 2 класс - 2.3, 3 класс 1.3, 4 класс - 0.4.

$Lim.olf$  - порог запаха.

# Зависимость «доза-эффект», беспороговые модели

## Оценка вероятности обнаружения неспецифического запаха

- точная оценка:

$$Prob = a + b \times \lg(C)$$

где коэффициенты  $a$  и  $b$  являются индивидуальной характеристикой вещества.

- Перевод значений  $Prob$  в значения риска осуществляется в соответствии с нормально-вероятностным распределением, что в табличном процессоре Excel достигается применением стандартной формулы `=НОРМСТРАСП()`

# Зависимость «доза-эффект», беспороговые модели

## Оценка вероятности обнаружения навязчивого запаха

- оценка по значению порога запаха:

$$Prob = -3 + K.olf. \times \lg(C/Lim.olf)$$

где  $K.olf$  - это коэффициент, который ориентировочно может быть определен в зависимости от класса опасности: 1 класс - 6.0, 2 класс - 2.3, 3 класс 1.3, 4 класс - 0.4.

$Lim.olf$  - порог запаха.



# Зависимость «доза-эффект», беспороговые модели

Пример оценки вероятности  
обнаружения навязчивого запаха

- Условия:
  - Сероводород (второй класс опасности) находится в воздухе в концентрации  $0.048 \text{ мг/м}^3$ . Порог запаха -  $0.014 \text{ мг/м}^3$ .
  - Требуется оценить вероятность обнаружения навязчивого запаха.

# Зависимость «доза-эффект», беспороговые модели

Пример оценки вероятности  
обнаружения навязчивого запаха

- Оценка:
  - $Prob = -3 + 2.3 \times \lg(0.048 / 0.014) = -1.77$
  - Формула Excel =НОРМСТРАСП(-1.77) дает значение риска 0.038
- Интерпретация: при оцениваемом уровне загрязнения 38 человек из 1000 почувствуют навязчивый специфический запах.

# Зависимость «доза-эффект», частные модели

## Модель оценки загрязнения окружающей среды свинцом.

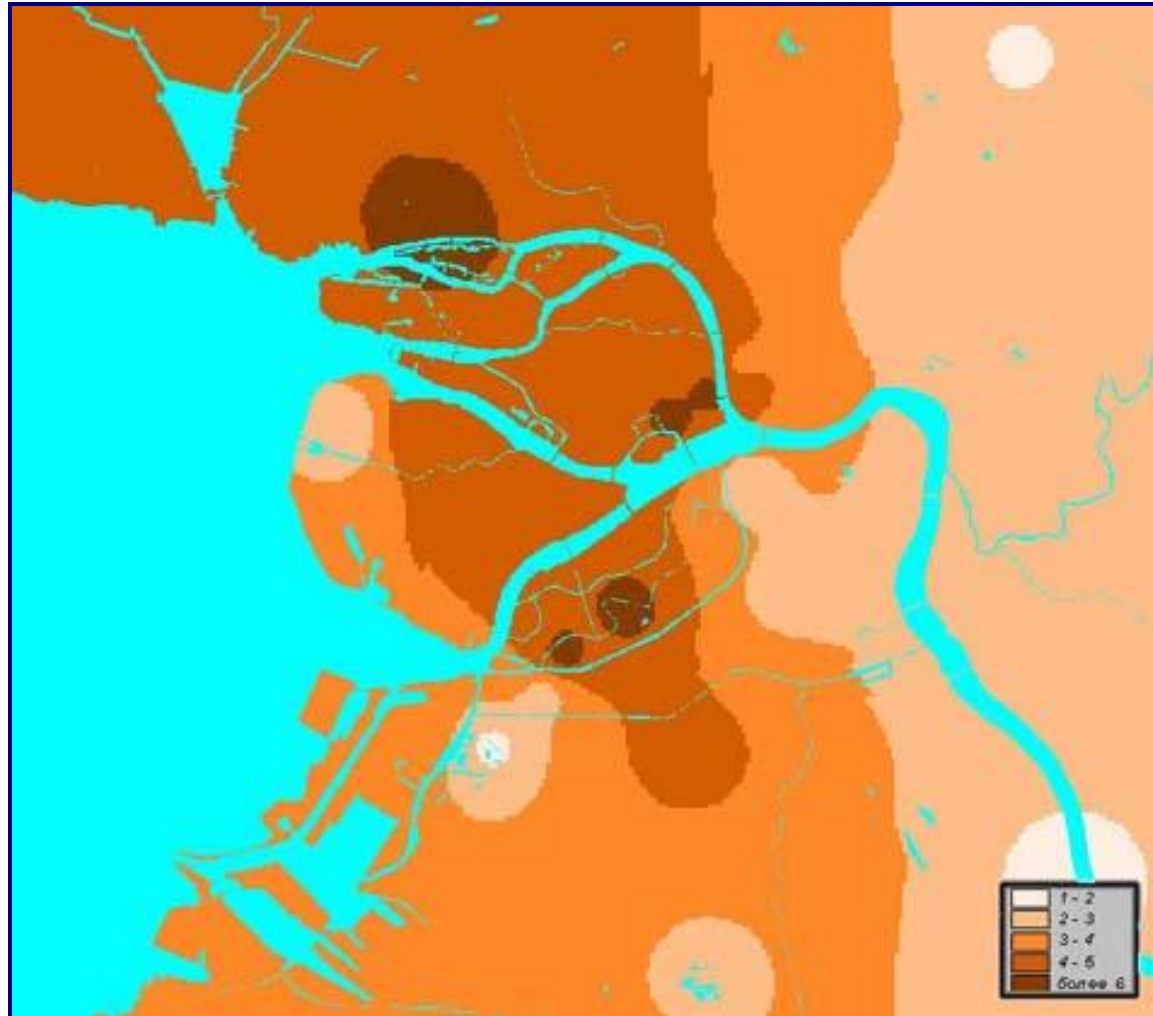
- В основу модели оценки загрязнения окружающей среды свинцом положена информация о том, что эффекты воздействия зависят от концентрации данного вещества в крови человека. Так в соответствии с данными ATSDR, при увеличении содержания свинца в почве урбанизированных территорий на каждые 1000 мг/кг, его содержание в крови увеличивается соответственно на 10  $\mu\text{g}/\text{dL}$  (10 микрограмм на децелитр, т.е. 100 мл). При возрастании концентрации свинца в воздухе на 1  $\text{мкг}/\text{м}^3$  его концентрация в крови увеличивается: у взрослых на 1,8  $\text{мкг}/100$  мл, у детей на 4,2 (3,3-5,2)  $\text{мкг}/100$  мл. В качестве допустимой концентрации этого элемента в крови, как правило, принимается величина 10  $\text{мкг}/100$  мл. При превышении этой величины пользуются специально разработанной системой профилактических и/или реабилитационных мероприятий, объем которых зависит от кратности превышения нормативной величины.

# Зависимость «доза-эффект», частные модели

Методика ВОЗ для оценки загрязнения воздуха взвешенными веществами.

- В соответствии с данными ВОЗ увеличение среднегодовой концентрации пыли (общая пылевая фракция) на  $10 \text{ мкг/м}^3$  приводит к возрастанию частоты заболеваний бронхитом у детей на 11%. При увеличении среднесуточной концентрации пылевых частиц размером менее  $10 \text{ мкм}$  на  $10 \text{ мкг/м}^3$  частота симптомов со стороны верхних дыхательных путей возрастает на 3,5%, обращаемость и госпитализация по поводу респираторных заболеваний - на 0,84%, частота применения бронходилататоров - на 2%, смертность от заболеваний органов дыхания - на 1,2%, смертность от сердечно-сосудистых заболеваний - на 0,8%.

Территориальное распределение риска развития бронхита у детей,  
связанного с загрязнением воздуха взвешенными веществами.  
Санкт-Петербург, 2003.



# Зависимость «доза-эффект», частные модели

Методика ВОЗ для оценки загрязнения воздуха диоксидом азота.

- при увеличении среднесуточной концентрации на  $30 \text{ мкг/м}^3$  число заболеваний нижних дыхательных путей у детей в возрасте 5-12 лет возрастает на 20%. В случае хронического воздействия данного газа для расчета прироста частоты случаев заболеваний органов дыхания у детей в возрасте 6-7 лет используется уравнение:

$$Y = 1 / (1 + \exp(0.536 - 0,0275 \times \text{NO}_2 + 0,0295 \times k))$$

где:  $Y$  - прирост случаев/численность популяции,  $\exp$  – символ экспоненты (основание натурального логарифма в степени выражения, стоящего в скобках),  $\text{NO}_2$  - концентрация диоксида азота в  $\text{мкг/м}^3$ ; величина коэффициента "к" для мальчиков составляет -1, для девочек  $k = 0$ .

# Зависимость «доза-эффект», частные модели

Методика ВОЗ для оценки загрязнения воздуха диоксидом азота.

- При увеличении среднесуточной концентрации диоксида азота на  $10 \text{ мкг/м}^3$  продолжительность приступов обострения заболеваний верхних дыхательных путей (в частности, бронхиальной астмой) возрастает на 6,5 %.

# Зависимость «доза-эффект», частные модели

## Методика ВОЗ для оценки загрязнения воздуха диоксидом серы.

- увеличение среднесуточной концентрации диоксида серы на  $10 \text{ мкг/м}^3$  приводит к росту общей смертности на 0,6% (ВОЗ), смертности от болезней органов дыхания на 1,2%, смертности от сердечно-сосудистых заболеваний на 0,6%. У людей в возрасте 65 лет и более прослеживается увеличение госпитализации и/или обращаемости за скорой медицинской помощью по поводу респираторных заболеваний на 0,5 % на каждые дополнительные  $10 \text{ мкг/м}^3$



# Зависимость «доза-эффект», частные модели

## Методика ВОЗ для оценки загрязнения воздуха оксидом углерода.

- прирост частоты госпитализации и/или обращаемости по поводу заболеваний сердца (в возрасте 65 лет и более), выраженный в виде отношения:  $\frac{\text{дополнительное число случаев госпитализации}}{\text{численность экспонируемого населения}}$ , составляет:

$$0,00000011 \times CO/1.15, \quad \text{где } CO - \text{концентрация в мг/м}^3.$$

- Изменение частоты приступов у некурящих больных стенокардией в возрасте 35 - 37 лет (снижение межприступного периода, %) описывается уравнением:

$$\text{Увеличения частоты приступов (в \%)} = -1,89 \times 0,45 \times CO/1,15$$

# Зависимость «доза-эффект», частные модели

Методика ВОЗ для оценки загрязнения воздуха  
оксидом углерода.

- Изменение содержания карбоксигемоглобина (СОHb) в крови (исходное содержание - 0,5 %) при увеличении концентрации СО в воздухе характеризуется следующей зависимостью:

$$\text{Прирост СОHb} = 0,45 \times \text{СО} / 1,15$$

# Этап оценки доза – ответ (эффект)

- Самостоятельное решение задачи №3
- Файл Riskrasseiv\_full.xlsx

# Характеристика риска

- Цель:

Обобщение результатов предыдущих этапов. Этап характеристики риска включает, помимо количественных величин риска, анализ и характеристику неопределенностей, связанных с оценкой, и обобщение всей информации по оценке риска.

# Характеристика риска

- Задачи:

- Анализ неопределенностей;
- Оценка комбинированного и комплексного риска;
- Выбор критериев приемлемого риска;
- Разработка предложений для принятия управленческих решений.

# Характеристика риска

- Источники неопределенностей:
  - Неопределенность, вызванная проблемами статистической выборки;
  - Неопределенность в моделях воздействия или моделях "доза-эффект", особенно на уровне доз малой интенсивности;
  - Неопределенность, связанная с формированием исходной выборки баз данных;
  - Неопределенность, вызванная неполнотой совпадения с реальностью использованных моделей.

# Характеристика риска

- Способы оценки комбинированного и комплексного риска:

– *Выбор максимального значения;*

– *Простое суммирование:*

$$\text{Риск}_{\text{сумм}} = \text{Риск}_1 + \text{Риск}_2 + \dots + \text{Риск}_n;$$

– *Умножение вероятностей:*

$$\text{Риск}_{\text{сумм}} = 1 - (1 - \text{Риск}_1) \times (1 - \text{Риск}_2) \times \dots \times (1 - \text{Риск}_n);$$

# Характеристика риска

Пример суммарного канцерогенного риска	
Вещество	Риск
Свинец	0,00021
Формальдегид	0,00034
Мышьяк	0,00001
<b>СУММАРНЫЙ</b>	<b>0,00056</b>



# Характеристика риска

## Пример многосредового канцерогенного риска

Вещество	Воздух	Вода	Пищевые продукты	МНОГОСРЕДОВОЙ
Свинец	0,00001	0,00003	0,00002	0,00006
Кадмий	0,00005	0,00002	0,00005	0,00012
Мышьяк	0,00001	0,00002	0,00007	0,0001
Формальдегид	0,00004	0	0	0,00004
СУММАРНЫЙ	0,00011	0,00007	0,00014	0,00032

# Характеристика риска

- Выбор критериев приемлемого риска:
  - все пороговые риски - 1;
  - канцерогенный риск - от 0.0001 до 0.000001, в среднем 0.00001;
  - хронический беспороговый - в пределах статистической ошибки оценки достоверности различий - от 0.02 до 0.05;
  - навязчивый запах - 0.001;
  - неспецифический запаха - в пределах ошибки реакции на «чистую пробу» - от 0.05 до 0.1;
  - частные риски - в зависимости от контекста.

# Характеристика риска

- Разработка предложений для принятия управленческих решений:

- Оценка риска является одной из основ для принятия решений по профилактике неблагоприятного воздействия экологических факторов на здоровье населения, но не самим решением. Другие необходимые для этого условия - анализ нерисковых факторов, сопоставление их с характеристиками риска и установление между ними соответствующих пропорций - входят в процедуру управления. Решения, принимаемые на такой основе, не являются ни чисто хозяйственными, ориентирующимися только на экономическую выгоду, ни чисто медико-экологическими, преследующими цель устранения даже минимального риска для здоровья человека или стабильности экосистемы без учета затрат на обеспечение такой ситуации.

# Характеристика риска

- Разработка предложений для принятия управленческих решений:
  - Другими словами, сопоставление медико-экологических, социальных и технико-экономических факторов дает основу для ответа на вопрос о степени приемлемости риска и необходимости принятия регулирующего решения, ограничивающего или запрещающего использование того или иного технического решения, функционального зонирования территории поселения при разработке его генплана, и т.д.

# Этап характеристики риска

- Самостоятельное решение задачи №4 (расчет комбинированного и многосредового риска) (Файл Расчет многосредового канц.риска.xlsx)
- Ознакомление с примерами профессиональных программных средств и результатами их работы