

**КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

Экологическая эпидемиология

**/Учебное пособие по курсу
«Экологическая эпидемиология» /**

Казань – 2011

УДК 616-036.22(075.8)

*Печатается по решению Редакционно-издательского совета
ФГАОУВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»*

*учебно-методической комиссии института экологии и географии
Протокол № 8 от 6 июня 2011 г.*

*заседания кафедры прикладной экологии
Протокол № 13 от 5 мая 2011 г.*

Авторы-составители
канд. вет. наук, с.н.с. Э.А. Шуралев,
доктор биол. наук, проф. М.Н. Мукминов

Рецензенты:
доктор биол. наук, профессор КФУ С.Ю. Селивановская
доктор биол. наук, профессор КФУ Ф.К. Алимова

Шуралев Э.А., Мукминов М.Н.

Экологическая эпидемиология / Учебное пособие по курсу «Экологическая эпидемиология». – Казань: Казанский университет, 2011. – 64с.

В учебном пособии рассматриваются основные понятия и методы современной экологической эпидемиологии, понятий эпидемии, пандемии, эпидемиологии инфекционных и экологических заболеваний, дается анализ воздействия основных химических и биологических факторов экологического риска на здоровье человека с применением биостатистических методов и управление риском. Пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности экология и направлению «Экология и природопользование».

© Казанский университет, 2011

© Шуралев Э.А., Мукминов М.Н., 2011

Содержание

Введение	4
Часть 1. Эпидемиология	5
1.1. Эпидемиология: определение, задачи, изучаемые факторы	5
1.2. Показатели состояния здоровья населения	7
1.3. Типы эпидемиологических исследований	11
1.4. Мешающие факторы	17
1.5. Систематические ошибки	20
Часть 2. Биостатистика	21
2.1. Типы переменных и распределения	21
2.2. Исчисление средних значений в выборке	24
2.3. Сравнение двух средних	25
Часть 3. Оценка риска	33
3.1. Характеристика риска	33
3.2. Этапы оценки риска	36
3.3. Введение в управление риском	39
Контроль оценки качества учебной работы студентов	60
<i>Литература</i>	63

Введение

Экологическая эпидемиология — это отрасль общественного здоровья, изучающая экологические условия и опасности, представляющие риск для здоровья человека. Экологическая эпидемиология: выявляет и измеряет воздействие экологических загрязнителей, проводит оценки рисков и связи; обеспечивает медицинское обследование и наблюдение неблагоприятных для здоровья последствий, а также научно обосновывает уровни воздействия таких загрязнителей. Термин «экологическая эпидемиология» сформулирован в последние два десятилетия на Западе, вначале — как ветвь эпидемиологии неинфекционных заболеваний, затем — как особое научное направление, посвященное изучению, анализу и доказательству зависимости здоровья населения от состояния окружающей среды под названием «environmental epidemiology». Предметом экологической эпидемиологии являются массовые экологически обусловленные болезни среди населения.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности экология и направлению «Экология и природопользование».

Основным требованием к содержанию данной дисциплины является изучение направлений современной эпидемиологии, понятий эпидемии, пандемии, эпидемиологии инфекционных и экологических заболеваний, а также анализ, выявление и управление воздействием основных химических и биологических факторов экологического риска на здоровье человека.

Цель дисциплины – изучить основы экологической эпидемиологии как нового направления современной эпидемиологии и экологии.

Профессиональные и образовательные задачи дисциплины: ознакомиться с актуальными проблемами медико-экологической безопасности; изучить основные понятия, принципы и методы проведения эколого-эпидемиологических исследований; приобрести навыки планирования и проведения эколого-эпидемиологических исследований.

В ходе изучения данной дисциплины выпускник приобретает необходимые знания, умения и навыки по анализу, составлению основных групп загрязнителей, путях их миграции, трансформации и накоплению в экосистемах; знает и умеет использовать методы обнаружения и количественной оценки основных загрязнителей в окружающей среде; понимает физиологические основы здоровья человека; знает и умеет анализировать эпидемиологическую обстановку, может самостоятельно готовить и проводить научно-практические (прикладные) эпидемиологические исследования.

Часть 1. Эпидемиология

1.1. Эпидемиология: определение, задачи, изучаемые факторы

Эпидемиология – общемедицинская наука, изучающая закономерности возникновения и распространения заболеваний различной этиологии с целью разработки профилактических мероприятий. Предметом изучения эпидемиологии является заболеваемость – совокупность случаев болезни на определенной территории в определенное время среди определенной группы населения.

Задачи современной эпидемиологии трактуются очень широко: она исследует влияние различных факторов и условий среды на частоту и распространение инфекционных и неинфекционных заболеваний.

Факторы среды: климат; плотность населения; жилищные условия; вода; питание; радиация; загрязнение атмосферного воздуха; загрязнение почвы; шум.

Патогенные факторы: биологические (бактерии, вирусы и др.); химические (яды, алкоголь и др.); физические (радиация, тепло и др.); питание (недостаточное или избыточное).

Факторы хозяина: возраст; пол; профессия; стиль жизни (обычаи, привычки); гражданское состояние (брачность); наследственность; перенесенные заболевания.

Здоровье – это состояние полного физического и социального благополучия, а не только отсутствие болезней и физических дефектов. Разработать положительные показатели, характеризующие состояние здоровья, очень трудно. Большинство так называемых показателей здоровья являются косвенными. Изучая частоту и распределение болезней, а также их последствий (инвалидность, смертность) в популяции, тем самым измеряют прежде всего отклонения от здоровья, исходя из предпосылки, что, чем чаще встречается заболевание, тем на более низком уровне находится состояние здоровья исследуемой группы населения. В качестве таких показателей используются показатели смертности, заболеваемости, распространенности.

Смертность – статистический показатель, оценивающий количество смертей. Целью изучения смертности является определение вероятности наступления смерти в данной популяции за определенный период времени. Отсюда естественным является выражение смертности показателем, характеризующим число умерших, приходящихся на определенное число жителей за

определенное время. Обычно этот показатель рассчитывают на 1000, 10 000, 100 000 или 1 000 000 (так называемая единица населения К). Для правильного вычисления показателя смертности обязательно определение единиц времени (год, месяц, день), населения и причин смерти, а также определение типа популяции (общая популяция или ее часть в соответствии с возрастом, полом, профессией и др.), к которой относится данный показатель.

При изучении смертности пользуются несколькими показателями, которые рассчитывают следующим образом:

1. Показатель общей смертности (грубый, или интенсивный показатель) равен:

$(\text{Общее число умерших} / \text{Количество населения, подверженного риску смерти}) \times K$

2. Специальные показатели, к которым относятся показатели смертности в соответствии с возрастом, полом, и причинами смерти. В этом случае в числителе стоит число умерших в данной возрастной группе, распределенных по полу или причине смерти, в знаменателе - численность соответствующего числителю населения подверженного риску смерти.

Например, по возрастной показатель смертности для группы 30-39 лет:

$(\text{Число умерших в возрасте 30-39 лет} / \text{Численность населения 30-39 лет, подверженного риску смерти}) \times K$

Специальный показатель смертности для женщин:

$\text{Число умерших женщин} / \text{Число женщин, подверженных риску смерти}$

Специальный показатель смертности по причине болезней органов кровообращения:

$(\text{Число умерших в связи с болезнями системы органов кровообращения} / \text{Численность населения, подверженного риску смерти}) \times K$

3. Показатель пропорциональной смертности. Он представляет собой процент случаев смерти от определенной причины по отношению к общему числу смертей, например, показатель пропорциональной смертности в связи с болезнями системы органов кровообращения:

$(\text{Число смертей в связи с болезнями системы органов кровообращения} \times 100) / \text{Общее число смертей}$

Измерение заболеваемости. Болезненность может быть охарактеризована либо общим числом имеющих в населении больных, либо появлением новых случаев болезни.

Показатели заболеваемости характеризуют частоту возникновения новых случаев болезни в течение какого-либо периода времени:

$(\text{Число случаев заболевания, впервые зарегистрированных за определен-}$

ный период времени / Численность населения, подверженного риску) $\times K$

Показатели распространенности показывают, какая доля населения страдает данным заболеванием в определенный момент времени:

(Случаи болезни (или число больных) / Число лиц, подверженных риску заболевания) $\times K$

В приближенном виде взаимоотношения показателей заболеваемости и распространенности можно выразить:

Распространенность = заболеваемость \times длительность заболевания.

При выборе показателей для исследования следует помнить, что с помощью показателей заболеваемости мы можем оценить риск, а с помощью показателей распространенности – измерить воздействие.

Источники информации о состоянии здоровья населения

Смертность

Основным документом, на котором базируется статистика смертности, является врачебное свидетельство о смерти.

Последовательными звеньями цепи причин, которые приводят к смерти, являются: 1) исходная причина; 2) вторичная причина; 3) непосредственная причина смерти.

Заболеваемость

Изучение заболеваемости и распространенности может основываться на так называемых вторичных статистических данных или специально организованных эпидемиологических исследованиях состояния здоровья населения. На основании вторичных статистических данных проводятся следующие виды исследования:

- а) статистика инфекционных заболеваний;
- б) статистика профессиональных заболеваний;
- в) онкологические заболевания;
- г) причин временной нетрудоспособности;
- д) больничная статистика;
- е) статистика общей заболеваемости.

1.2. Показатели состояния здоровья населения (Измерение эпидемиологических показателей эффекта)

Относительные показатели

Наиболее часто используемым показателем эффекта является ***относительный риск (relative risk) (ОР)***.

OR = заболеваемость лиц, подверженных фактору/заболеваемость лиц, неподверженных фактору.

OR используется обычно в когортных исследованиях. В исследованиях типа случай-контроль мерой эффекта служит *отношение шансов (odds ratio)*, которое обычно по величине очень близко к OR . Эти отношения оценивают величину эффекта, вызываемого фактором риска, на заболеваемость изучаемой болезнью и, таким образом, измеряют силу связи между фактором риска и болезнью.

Примеры измерений эффекта в относительных показателях:

- Рак легкого встречается в 10 раз чаще среди курильщиков, чем среди некурящих ($OR=10$).

- Показатель смертности от язвы желудка у мужчин в Великобритании был 96/1000000 в год в 1950 и 31/1000000 – в 1980 году. Эта причина смерти в 3 раза чаще встречалась в 1950г. по сравнению с 1980г. Отношение показателей 1950/1980гг. равно 3.

- В исследовании, проведенном в Польше, наблюдалось снижение риска рака поджелудочной железы с длительностью потребления чая. Риск у лиц, потреблявших чай, составил 0,40 по сравнению с не употреблявшими чай.

Обозначив риск (заболеваемость) среди экспонированных (p_1) и риск (заболеваемость) среди неэкспонированных (p_0), рассчитаем $OR = p_1 / p_0$.

Например, в исследовании было обнаружено, что состояние менопаузы связано с заболеваемостью женщин ишемической болезнью сердца (ИБС).

Таблица 1.

**Заболеваемость ишемической болезнью сердца (ИБС)
среди экспонированных (постменопауза) и
неэкспонированных (предменопауза) женщин**

Статус	Число человеко-лет под риском	Число случаев	Показатель на 1 000 человеко-лет
Постменопауза	6848	26	3,8
Предменопауза	8384	6	0,7

Следуя таблице, принимая состояние менопаузы как воздействующий фактор, OR ИБС, связанный с ним, составит: $OR = p_1 / p_0 = 3,8 / 0,7 = 5,43$

Этот результат можно интерпретировать таким образом, что у женщин в менопаузе ИБС встречается почти в 5,5 раз чаще, чем у женщин в предменопаузе.

Выбор группы сравнения (контрольной или референтной). Часто в качестве таковой выбирается группа лиц, не подвергающихся изучаемому воздействию (например, некурящие при изучении курения) или при сравнении нескольких групп – лица с наименьшим уровнем воздействия (но не при изучении профилактических мер). Однако, когда изучаемые группы сильно отличаются по численности, в качестве референтной группы предпочтительнее выбрать наиболее многочисленную группу. Это позволит дать статистически более точные оценки эффекта во всех группах.

Стратифицированный относительный риск

Когда экспонированные и неэкспонированные популяции можно разделить на отдельные группы (страты) в зависимости от другого влияющего на эффект фактора (например, возраста), можно рассчитать стратифицированные показатели относительного риска. В качестве примера рассмотрим связь между курением и ИБС в 6 возрастных группах.

ОР снижается с возрастом, что дает основания предполагать, что эффект курения на показатели смертности от ИБС наиболее выражен в более молодых возрастных группах.

Таблица 2.

Показатели смертности от ИБС у курящих и некурящих в зависимости от возраста

Возраст	Курящие	Некурящие	Относительный риск
35-44	0.61	0.11	5.5
45-54	2.40	1.12	2.1
55-64	7.20	4.90	1.5
65-74	14.69	10.83	1.4
75-84	19.18	21.20	0.9
85+	35.93	32.66	1.1
Все возраста	4.29	3.30	1.3

Оценка различий

Измерением различий оценивают повышение риска, вызванное воздействием на экспонированную группу. Иногда различают измерение эффекта (effect) и измерение отрицательного воздействия (пораженности) (impact).

Разница рисков, называемая также **абсолютным риском** или **атрибутивным риском (AR)** (среди экспонированных) – абсолютная разница между показателями заболеваемости лиц, подверженных изучаемому фактору и лиц, не подверженных его действию.

$$AR = p_1 - p_0$$

Например, если показатель распространенности ВИЧ инфекции среди де-

тей, рожденных от ВИЧ инфицированных матерей, которые не кормили детей грудью, составил 18%, а среди тех, кто кормил – 38%, то абсолютный риск составил 20% (38% – 18%). При допущении существования причинной связи, делается вывод, что грудное вскармливание ответственно за инфицирование 20% детей рожденных ВИЧ инфицированными матерями и вскормленных ими грудью.

Абсолютный риск, выраженный в процентах, называется также атрибутивной или этиологической фракцией для экспонированных.

При допущении существования причинной связи это выражает долю случаев в экспонированной группе, которая вызвана изучаемым воздействием.

$$AP\% = (p_1 - p_0) / p_1$$

Применительно к приведенному выше примеру:

$$AP\% = (38\% - 18\%) / 38\% = 53\%.$$

Это означает, что кормление грудью в данном исследовании ответственно в 53% случаев за распространение инфекции среди детей, рожденных от ВИЧ инфицированных матерей и вскормленных ими.

Следует заметить, измерение эффекта не учитывает показатель во всей популяции и, таким образом, не зависит от распространенности экспозиции во всей популяции. В противоположность этому измерение отрицательного воздействия оценивает добавочный риск в популяции, связанный с действием изучаемого фактора, и частично зависит от того, насколько широко распространен данный фактор в популяции.

Различия между оценкой эффекта и оценкой отрицательного воздействия. Относительные показатели – хороший способ оценить силу связи между фактором риска и заболеванием, однако он недостаточно хорош для оценки того, насколько заболеваемость населения связана с действием фактора риска. Это зависит от того, насколько распространено заболевание среди лиц, не подвергающихся воздействию изучаемого фактора, и распространению изучаемого фактора риска. Например, хотя известно, что повторные рентгенологические обследования беременных женщин приводят к повышению риска лейкемий у детей, к действию этой причины может быть отнесена очень малая доля лейкемий у детей.

Оценка отрицательного воздействия. Эта оценка дает представление об ожидаемом отрицательном воздействии на население в результате устранения или изменения распространения фактора риска в изучаемом населении.

Данная оценка исходит из того, что установлена причинная связь между заболеванием и фактором риска, учитывает силу связи, т.е. **ОР**, и распределе-

ние фактора риска в популяции.

Данная оценка специфична для изучаемой популяции и может быть перенесена на другие популяции только при условии точно такого же распределения в них исследуемого фактора риска. Факторы риска, для которых установлена сильная связь с редкими заболеваниями, могут иметь высокие оценки, характеризующие эффект, но низкие – характеризующие отрицательное влияние на население. Двумя основными оценками отрицательного влияния на население являются: популяционный атрибутивный риск (*ПАР*) и популяционная атрибутивная фракция (*ПАФ*).

Популяционный атрибутивный риск (*ПАР*) – абсолютная разница показателей (или риска) во всей популяции и в неэкспонированной группе. *ПАР* аналогичен *АР*, но в отличие от *ПАР*, *АР* – это разница показателей заболеваемости экспонированных и неэкспонированных лиц. Поскольку показатель заболеваемости зависит от того, насколько широко распространены факторы риска в данной популяции, *ПАР* варьирует в зависимости от распространенности фактора риска в популяции.

$ПАР = p - p_0$, где:

p – показатель заболеваемости во всей популяции (экспонированной и неэкспонированной);

*p*₀ – показатель в неэкспонированной группе.

Если доля экспонированных в популяции известна (*ч*), то *ПАР* можно рассчитать следующим образом: $ПАР = ч (p - p_0)$.

Популяционная атрибутивная фракция (*ПАФ*) или этиологическая фракция – доля всех случаев заболевания в изучаемой популяции (экспонированных и неэкспонированных), отнесенных за счет воздействия фактора риска при допущении наличия причинной связи.

$ПАФ = ПАР/p$; или $ПАФ = (p - p_0)/p$.

В случае, если известны только *ОР* и доля экспонированных в популяции (или в контрольной группе), *ПАФ* можно рассчитать по следующей формуле:

$ПАФ = ч(ОР-1)/\{ч(ОР-1)+1\}$.

1.3. Типы эпидемиологических исследований

Исследования методом случай-контроль

Исследования этого типа наиболее целесообразны при изучении редких заболеваний, когда когортные исследования неприменимы в силу необходимости формирования слишком больших когорт для того, чтобы собрать дос-

таточное количество случаев заболеваний.

Теория исследований случай-контроль вытекает из теории когортных исследований. Ее можно было бы описать как попытку реконструировать когортное исследование после того, как события (заболевания) уже произошли.

Исследование случай-контроль начинается от заболевания (события) к оценке экспозиции у заболевших (случаев) и здоровых лиц (контролей).

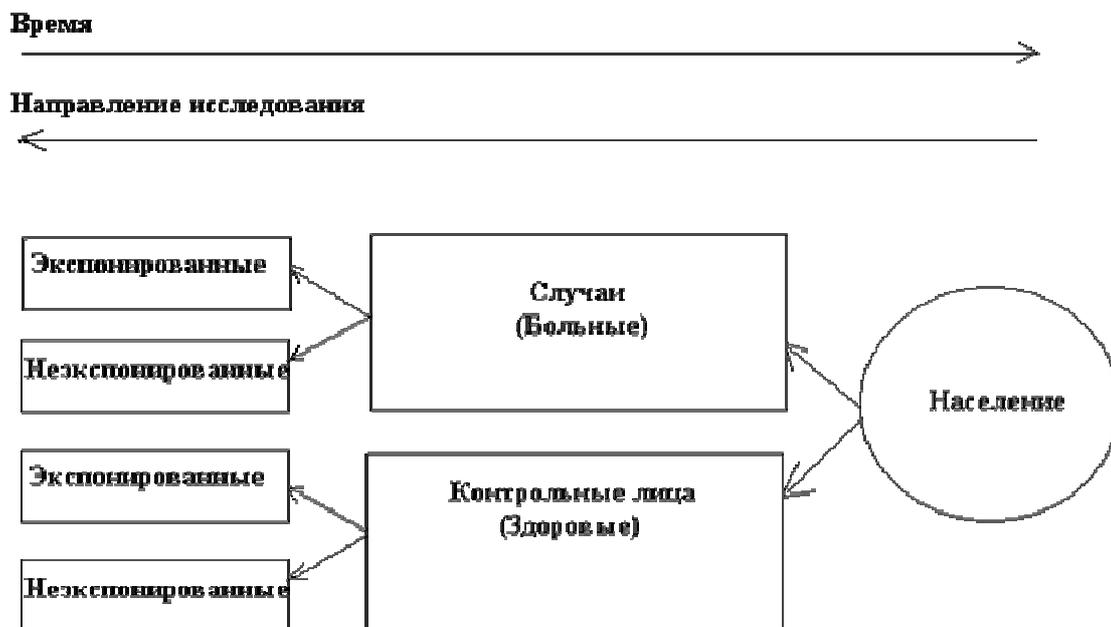


Рис. 1. Исследования методом случай-контроль

Исследования случай-контроль

Выбор больных в качестве случаев. В исследование, как правило, включаются новые случаи заболевания с точно установленным диагнозом, т.е. должно быть и/или клиническое, рентгенологическое, морфологическое подтверждение диагноза.

Определение популяции, из которой будут выбраны случаи. Случаи всегда должны быть репрезентативны изучаемой популяции. Это важно, т.к. контрольные лица набираются из той же самой популяции.

Например:

- Все больные изучаемым заболеванием (лейкемией), проживающие в определенном районе.
- Все больные, поступающие в какую-то одну больницу.

В исследование включаются или все вновь выявляемые случаи изучаемого заболевания или их систематическая выборка.

Выбор контрольных лиц. В исследованиях случай-контроль весьма веро-

ятно допущение систематической ошибки, связанной с выбором контрольных лиц. Выбор контрольных лиц наиболее важный аспект при планировании исследования случай-контроль.

Контрольные лица должны быть набраны из той же изучаемой популяции и быть репрезентативны ей.

Способы подбора контрольных лиц

- Больничный контроль (госпитальный) – лица, поступающие в ту же больницу (пользующиеся той же поликлиникой) с диагнозом, который никак не связан с изучаемой экспозицией.

- Контрольные лица из числа соседей или жителей прилегающих домов, списка избирателей и т.п.

Преимущества использования госпитального контроля:

- Такие контроли легко доступны для опроса.
- Нахождение контрольных лиц в одном месте сокращает транспортные и временные затраты, облегчает опрос.

Недостатки госпитального контроля:

- Показано, что с этим контролем может быть связано большое число систематических ошибок (отбор пациентов в больницу по нозологии, тяжести заболевания, социальному статусу и пр.).

- Среди пациентов возможна большая доля курильщиков, чем в населении.

- Более высокая вероятность использования медикаментов, влияющих на состояние здоровья.

Случай-контроль внутри когорты (гнездовое исследование или метод вложенной выборки)

Один из способов, как избежать появление систематической ошибки при сборе данных по экспозиции, – случаи и контроли подбираются внутри когорты. Данные по экспозиции собираются до того, как возникло заболевание.

Анализ данных исследования случай-контроль

В данном исследовании рассчитывается только отношение шансов (odds ratio), аналогичное относительному риску в случае редкого заболевания. Рассчитать показатели можно только в случае популяционного исследования, т.е. когда в него включены все случаи изучаемого заболевания в популяции за определенный период.

Показатели отношения шансов

	Случаи	Контроли	ВСЕГО
Экспонированные	a	b	a + b
Неэкспонированные	c	d	c + d
ВСЕГО	a + c	b + d	a + b + c + d

Отношение шансов = шансы наличия экспозиции среди случаев, деленные на шансы наличия экспозиции среди контролей = $(a \times d)/(b \times c)$.

Преимущества исследований случай-контроль

- Сравнительная дешевизна
- Быстрота – иногда важно получить быстрый ответ
- Можно исследовать много экспозиций
- Можно изучить редкие заболевания

Недостатки исследований случай-контроль

- Не подходит для изучения редко встречающихся экспозиций
- Не всегда можно рассчитать показатели и атрибутивный риск
- Существует вероятность систематической ошибки при выборе случаев и контролей
- Существует вероятность систематической ошибки при сборе информации

Когортные исследования

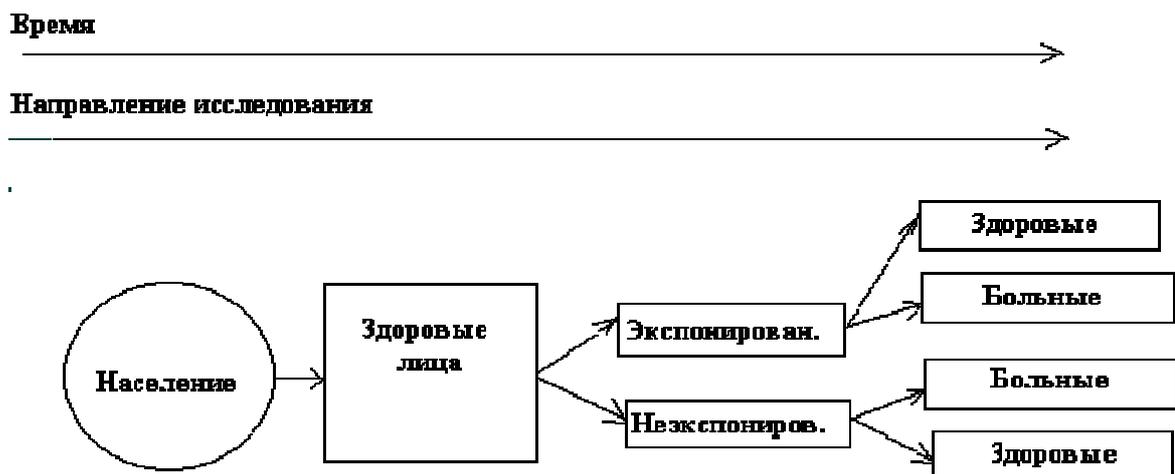


Рис. 2. Схема когортного исследования

Источник: Beaglehole et al., Basic Epidemiology

Преимущества когортных исследований:

1. Могут быть использованы для изучения относительно редких экспозиций при тщательном отборе групп лиц по характеру экспозиции.

2. Может быть изучен широкий спектр патологий, связанных с изучаемой экспозицией.

3. Экспозиция предшествует заболеванию, что в большей степени, чем в исследованиях случай-контроль и экологических, отвечает критерию временной последовательности при установлении причинных связей.

4. Может быть получена подробная информация о мешающих факторах, что позволит их контролировать или на стадии планирования или при анализе данных

5. Подробные данные об экспозиции.

Недостатки когортных исследований

1. Большой объем исследований, значительно превышающий объем исследований случай-контроль. Для исследований редких заболеваний число лиц, которых необходимо включить в исследование, настолько велико, что делает проведение когортного исследования практически нецелесообразным.

2. Высокая стоимость исследования, которая зависит от типа когорты (историческая или текущая когорта), одномоментного или постоянного прослеживания.

3. Длительность исследования. Оно больше, чем для всех других типов исследования. Особенно длительный период необходим при проспективном прослеживании когорты.

Подходы к анализу данных когортного исследования

Метод анализа данных когортного исследования зависит от плана и организации исследования. Обычно используют один из следующих методов:

1. Сопоставление показателей заболеваемости (смертности) в когорте с показателями в контрольной когорте или общем населении путем расчета стандартизованного отношения заболеваемости (СОЗ) или смертности (СОС):

$СОЗ = \frac{\text{наблюдаемое число заболеваний}}{\text{ожидаемое число заболеваний}} = \frac{Н}{О}$

$СОС = \frac{\text{наблюдаемое число смертей}}{\text{ожидаемое число смертей}} = \frac{Н}{О}$

Ожидаемое случаев стандартизуется по полу, возрасту и соответствующему календарному периоду.

Интерпретация данных:

СОС (СОЗ) обычно умножается на 100

СОС (СОЗ) = 100 – показатели в когорте равны показателям в общем населении или контрольной когорте.

СОЗ (СОС) < 100 – показатели в когорте ниже, чем показатели в общем

населении.

CO₃ (СОС) > 100 – показатели в когорте выше, чем показатели в общем населении.

Таблица 4.

**Преимущества и недостатки различных типов исследований,
проводимых путем наблюдений***

	Экологические	Поперечные	Случай-контроль	Когортные
Вероятность смещения оценок в результате отбора	Н/О**	Средняя	Высокая	Низкая
Вероятность смещения оценок вследствие неточности ретроспективных данных	Н/О	Высокая	Высокая	Низкая
Вероятность выхода из-под наблюдения	Н/О	Н/О	Низкая	Высокая
Вероятность действия мешающих факторов	Высокая	Средняя	Средняя	Низкая
Требуемое время	Малое	Среднее	Среднее	Большое
Затраты	Низкие	Средние	Средние	Высокие

* по Р.Биглхол, Р.Бонита, Т.Кьельстрем;

** Н/О - не определяется

2. Сопоставление риска заболеть (показателя) экспонированных и неэкспонированных членов когорты.

Риск = наблюдаемое число случаев/численность когорты под риском на начало исследования.

Показатель = наблюдаемое число случаев/число человеко-лет под риском.

Относительный риск (отношение рисков) = риск (показатель) среди экспонированных/ риск (показатель) среди неэкспонированных.

3. Оценить частоту заболевания в соответствии с уровнем воздействия.
4. Рассчитать риск, показатели или СОЗ (СОС) для каждого уровня воздействия. Присутствует ли дозо-ответная связь?

Таблица 5.

**Применение различных типов исследований,
проводимых путем наблюдения ***

	Экологические	Поперечные	Случай-контроль	Когортные
Изучение редко встречающихся заболеваний	++++	-	++++	-
Изучение редко встречающихся причин	++	-	-	++++
Проверка множественных эффектов воздействия	+	++	-	++++
Изучение множественных экспозиций и детерминант	++	++	++++	+++
Количественная оценка временных связей	++	-	+**	++++
Прямая количественная оценка заболеваемости	-	-	+***	++++

* по Р.Биглхол, Р.Бонита, Т.Кьельстрем

** в случае проспективных исследований

*** в случае популяционных исследований

1.4. Мешающие факторы



Рис. 3. Взаимосвязь мешающего фактора, экспозиции и заболевания
Источник: Beaglehole et al., Basic Epidemiology

Мешающий фактор – фактор, связанный как с экспозицией, так и заболеванием.

Основные мешающие факторы: возраст, пол, социальный класс, профессия, курение.

Анализ влияния мешающего фактора в исследованиях случай-контроль. Расчет отношения шансов без учета мешающего фактора дает следующие результаты:

Таблица 6.

Результаты расчета отношений шансов без учета мешающего фактора

	Употреблявшие кофе	Не употреблявшие кофе
Случаи (заболевшие)	450	300
Контроли (здоровые лица)	200	250

Отношение шансов = 1,9.

Анализ данных с учетом мешающего фактора (курения) дает следующие результаты:

Таблица 7.

Результаты расчета отношений шансов с учетом мешающего фактора

	Курящие		Некурящие	
	Употреб. кофе	Не употреб. кофе	Употреб. кофе	Не употреб. кофе
Случаи	50	100	400	200
Контроли	100	200	100	50
Отношение шансов	1,0			1,0

Таким образом, из приведенных расчетов ясно, что курение влияет на связь между употреблением кофе и ИБС.

Не во всех исследованиях и не любые факторы могут выступать в качестве мешающих, а только те, которые коррелируют с экспозицией к исследуемому фактору (X). В частности, в приведенном выше примере для того, чтобы быть мешающим фактором, фактор риска (Z) также должен коррелировать с экспозицией к изучаемому фактору риска (X). Следующая таблица иллюстрирует корреляцию между курением и употреблением кофе в контрольной группе.

Таблица 8.

**Распределение курильщиков и употребляющих кофе
в контрольной группе**

	Употреблявшие кофе	Не употреблявшие кофе
Курящие	450	300
Некурящие	200	250

Из приведенных данных видно, что среди не пьющих кофе 20% , а среди пьющих кофе 50% курильщиков.

Анализ влияния мешающего фактора в когортных исследованиях

Таблица 9.

Не стандартизованные данные по курению (фактор X)

	Экспонированные к фактору X	
	ДА	НЕТ
Число случаев с заболеванием D	50	30
Число человеко-лет	20000	30000

Относительный риск = 2,5

Однако, если стратифицировать данных в соответствии с экспозицией к фактору Z, то связь между фактором риска X и заболеванием D станет не столь выраженной: ОР снизится до 2,0. Это свидетельствует о том, что фактор Z оказывает частичное мешающее действие на связь между X и D.

Таблица 10.

Не стандартизованные данные по курению (фактор Z)

	Экспонированные к фактору Z			
	НЕТ		ДА	
	Экспонированные к фактору X		Экспонированные к фактору X	
	ДА	НЕТ	ДА	НЕТ
Число случаев с заболеванием D	10	10	40	20
Число человеко-лет	10000	20000	10000	10000
	ОР=2,0		ОР=2,0	

В исследовании случай-контроль возможно альтернативное объяснение действия основного и мешающего фактора на заболевание. В когортном ис-

следовании мешающий фактор Z оказывает частичное влияние на связь между X и D , что, однако не означает полную доказанность причинной связи между X и D .

Контроль мешающих факторов

1. На этапе планирования:

- Ограничение исследования группами, в которых мешающий фактор отсутствует;
- Подбор – используется для контроля мешающих факторов. Повышает статистическую значимость исследования: необходимо меньшее число случаев для получения ответа на вопрос, поставленный в исследовании.

2. На этапе анализа данных:

- Стратификация – выделение групп в соответствии с действием мешающего фактора, уровней воздействия;
- Регрессионный анализ данных.

Доказательство действия мешающего фактора

Критерием наличия действия мешающего фактора является изменение оценок риска (ОР, ОШ, СОС) после стандартизации по мешающему фактору. Если стандартизованные оценки отличаются от первоначальных грубых оценок, значит влияние мешающего фактора присутствует. Если оценки не отличаются, мешающий фактор отсутствует.

1.5. Систематические ошибки

Основные этапы при проведении когортного исследования, на которых возможно появление систематических ошибок

- Неправильный отбор членов когорты. Репрезентативна ли когорта (когорты) всем возможным членам когорты?
- Выбор контрольной когорты или контрольной популяции. Являются ли неэкспонированные лица действительно неэкспонированными? Отличаются ли экспонированные от неэкспонированных по другим факторам риска? Учтены ли такого рода различия при планировании исследования? Если в качестве контрольной популяции выбрано общее население, можно ли ожидать показатели заболеваемости (смертности) в когорте, равные показателям в населении.
- Выявление заболевших. Достаточно ли полна информация о заболевших для всех экспонированных групп (насколько велики потери при прослеживании)? Собрана ли информация о заболевших без относительно к их экспози-

ционному статусу?

- Измерение экспозиции. Насколько точно измерена экспозиция? Выборочное или неточное измерение экспозиции может вести к размыванию или смещению связи между воздействием и заболеванием.

Этапы исследования методом случай-контроль, на которых возможно появление систематических ошибок

- Сбор данных по экспозиции. Основной недостаток исследований случай-контроль заключается в том, что данные по экспозиции собираются ретроспективно. При этом важно понимать возможность систематической ошибки, обусловленной получением такого рода данных.

- Ошибки при опросе. Опрос случаев и контролей проведен различно (например, разными людьми, разными способами – одних по телефону, других лично). Опрашивающий мог более настойчиво опрашивать больных, чем здоровых.

Пути снижения вероятности систематических ошибок

- Опрашивающий не должен знать, кого он опрашивает (больного или здорового), а также не быть осведомленным о гипотезе, лежащей в основе исследования.

- Использование идентичных анкет и форм.

- Тщательная подготовка интервьюеров с целью стандартизации опроса.

- Сбор сведений из материалов, существовавших до наступления болезни (медицинская документация, карты учета отдела кадров, трудовые книжки).

Часть 2. Биостатистика.

2.1. Типы переменных и распределения

Субъекты и варианты

В статистических исследованиях изучаются и сопоставляются группы достаточного размера, а не отдельные индивидуумы. Формирование и сопоставление групп (совокупностей) проводится на основе характеристик индивидуумов. Например, пола, экспозиции, метода лечения, кровяного давления, течения болезни и пр. В статистической терминологии эти признаки называются вариантами (переменными), т.к. величина их варьирует от субъекта к субъекту.

Различают зависимые и независимые переменные.

Типы переменных:

- Бинарные переменные, когда переменные выделены в две различные категории; например, мужской и женский пол, вакцинированные и невакцинированные, средний и низкий вес тела и др.

- Категорийные (групповые) переменные (*сгруппированный вариационный ряд*), представляющие значения переменных для нескольких категорий (групп), различающихся по определенным признакам, например, национальному, брачному статусу.

- Упорядоченные категорийные переменные (*интервальный вариационный ряд*), т.е. переменные упорядочены внутри категории по определенной шкале; например, по возрастным группам, тяжести заболевания, стадии заболевания, группе инвалидности.

- Количественные переменные – выражены в единицах измерения; например, вес, рост, кровяное давление, число приступов астмы в определенный период и т.п.

Распределение

Пример: гемоглобина в г/100мл у 70 женщин.

Таблица 11.

Интервальный вариационный ряд

(Каждый интервал отличается от предыдущего на 1 г)

Содержание гемоглобина	Число женщин	Процент
8 - 8,9	1	1,4
9 - 9,9	3	4,3
10 - 10,9	14	20,0
11 - 11,9	19	27,1
12 - 12,9	14	20,0
13 - 13,9	13	18,6
14 - 14,9	5	7,1
15 - 15,9	1	1,4
Всего	70	100

**Альтернативное представление количественных переменных –
представление кумулятивной частоты**

Уровень гемоглобина	Частота	Кумулятивная частота	Кумулятивный процент
8 - 8,9	1	1	1,4
9 - 9,9	3	4	5,7
10 - 10,9	14	18	25,7
11 - 11,9	19	37	32,9
12 - 12,9	14	51	72,9
13 - 13,9	13	64	91,4
14 - 14,9	5	69	98,6
15 - 15,9	1	70	100
Всего	70	70	100

Представление данных в виде кумулятивной кривой предпочтительней использовать при неравномерных интервалах, использованных для группировки данных.

Симметричное распределение

Средняя арифметическая величина – сумма всех значений переменных, деленная на их число. Характеризует центральное значение при симметричном (нормальном) распределении переменных и дает характеристику всей совокупности в целом.

$$\text{Средняя} = \sum x_i / n$$

Стандартное отклонение:

Используется для характеристики разброса средней величины :

$$SD = \pm \sqrt{\sum d^2 / n} \text{ или при числе наблюдений } < 20 \text{ } SD = \pm \sqrt{\sum d^2 / (n-1)}$$

Средняя значение $\pm SD$ ----- 70% всех переменных

Средняя значение $\pm 2SD$ ----- 95% всех переменных

Несимметричное распределение

При несимметричном распределении центральное значение лучше характеризует медиана (Me), которая делит вариационный ряд пополам.

Три значения, делящие распределение на четверти, называются квартилями. Средний квартиль называется медианным, а расстояние между нижним и верхним квартилем называется межквартильным диапазоном и используется как характеристика разброса значений переменных.

Сентили

Квартили – величины, соответствующие кумулятивному распределению в процентах 25, 50 и 75%, но не всегда следует придерживаться именно такой

характеристики распределения. Если распределение принято за стандарт (например, распределение детей по весу, стандартизованное по возрасту), общепринятым является использование перцентилей, в частности 5%, 10%, 25%. Они называются как 5-ый, 10-ый, 25-ый перцентиль распределения.

Общая характеристика распределения

Следующие пять значений дают представление о распределении и применимы для симметричного и несимметричного распределения:

- Наименьшее значение
- Нижний квартиль, Q25
- Медиана (Q50)
- Верхний квартиль, Q75
- Наибольшее значение

Логарифмы и распределения

Для представления ассиметричного ряда часто используются не сами значения переменных, а их логарифмы, что позволяет сделать распределение более симметричным.

Несколько общих правил для характеристики данных

Необходимо всегда указывать число наблюдений, на котором основаны расчеты. Для бинарного (альтернативного) варьирования указывать процент, относящийся к одной группе, а не для обеих групп. Например, общее число обследованных лиц составило 250, из них 130 женщин (52%).

Если центральное значение распределения представлено медианой, необходимо указать нижний и верхний квартили.

Если центральное значение распределения представлено средней величиной, необходимо указать стандартное отклонение.

2.2. Исчисление средних значений в выборке

Обозначение

Произведена случайная выборка n из изучаемой популяции.

Таблица 13.

Обозначения средней величины и стандартного отклонения

	Для популяции	Для выборки
Средняя	μ	\bar{x}
Стандартное отклонение (SD)	σ	s

Из-за ошибки выборки \bar{x} и s будут отличаться от μ и σ .

Например:

Сконцентрированный объем клеток (СОК, клеточная масса) был измерен у 25 детей, случайно выбранных среди 4-хлетних детей, живущих в большой западно-африканской деревне, со следующими результатами:

Среднее значение = 34,1, SD = 4,3.

Распределение средней в выборке

Предположим, что были сделаны повторные выборки 25 детей из этого же населения с измерением средней и SD.

При этом обнаруживается:

1. Величины x и s варьируют от выборки к выборке.
2. Средние значения будут располагаться симметрично ниже и выше истинного значения μ в популяции.
3. Значения, близкие μ , будут встречаться чаще, чем значения, сильно отличающиеся от μ .

$$SD\ x = \sigma/\sqrt{n} \text{ или } s = \sigma^2/n$$

Вариабельность средней снижается с увеличением численности выборки и возрастает с увеличением σ . Стандартное отклонение выборочной средней, называется стандартной ошибкой средней (Standard error, SE), т.е.

$$SE \text{ от } x = \sigma/\sqrt{n}$$

Заметьте, что стандартное отклонение σ измеряет вариабельность индивидуальных значений x в популяции, в то время как стандартная ошибка σ/\sqrt{n} вариабельность выборочной средней, x .

Доверительный интервал средней

При построении доверительного интервала (ДИ) для μ используется тот же подход, который использован для построения ДИ для соотношений и составляет $x \pm 2SE$, или более точно, исходя из нормального распределения 95% ДИ = $x \pm 1,96SE$; 99% ДИ будет равен $x \pm 2,58SE$.

В приведенном выше примере с клеточной массой:

$$n = 25, x = 34,1, s = 4,3.$$

Используя стандартное отклонение s как грубую оценку σ , получаем приближенный 95% ДИ

$$34,1 \pm (1,96 \times 4,3/\sqrt{25}) \text{ или } 32,4-35,8.$$

2.3. Сравнение двух средних

Случайные выборки численностью n_1 и n_2 выбраны из двух исследуемых популяций.

Таблица 14.

Обозначения средних величин и стандартных отклонений количественных переменных x в двух популяциях

	Популяция 1	Выборка 1	Популяция 2	Выборка 2
Средняя	μ_1	x_{1cp}	μ_2	x_{2cp}
SD	σ_1	s_1	σ_2	s_2

Вопрос: основываясь на значениях x_{1cp} , s_1 , x_{2cp} и s_2 , что можно сказать о различиях между μ_1 и μ_2 ?

Пример. При изучении заболеваемости случайные выборки детей в возрасте до 5 лет были выбраны из двух групп населения. Количество дней болезни каждого ребенка в течение года было оценено на основании регулярных посещений семей.

Таблица 15.

Результаты оценки случайной выборки детей

	Размер выборки, n	Среднее число дней болезни	SD
Группа А	33	7,1	4,1
Группа Б	27	10,4	6,0

Что можно сказать в отношении заболеваемости детей в двух сравниваемых группах населения?

Распределение различий между двумя средними в выборке

Предположим, проводились последующие случайные выборки в количестве 33 детей из группы А и 27 детей из группы Б и каждый раз измерялись различия между днями болезни в двух выборках. Можно было бы обнаружить, что:

1. Значения x_{1cp} , s_1 , x_{2cp} и s_2 варьировали бы от выборки к выборке.
2. Значения $(x_{1cp} - x_{2cp})$ были бы распределены симметрично выше и ниже реального распределения в популяции значения $(\mu_1 - \mu_2)$.
3. Значения более близкие $(\mu_1 - \mu_2)$ встречались бы чаще, чем значения более отдаленные от $(\mu_1 - \mu_2)$.

В случае с единичной средней распределение средней в выборке приближается к нормальному с варьированием σ^2/n и стандартной ошибкой σ/\sqrt{n} .

Аналогично при сравнении двух популяционных средних распределение $(x_{1cp} - x_{2cp})$ в выборке приближается к нормальному.

Доверительные интервалы разницы двух средних

Доверительный интервал вычисляется на основании той же аргументации, что и для единичной средней: $(x_{1cp} - x_{2cp}) \pm 1,96 SE$, или:

$$(x_{1cp} - x_{2cp}) \pm 1,96\sqrt{(s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2)} \quad (1)$$

99% ДИ может быть получен при использовании 2,58 вместо 1,96.

Пример. В исследовании заболеваемости в двух популяционных группах имеем:

- $n_1=33, n_2=27$

- $x_{1cp}=7,1, x_{2cp}=10,4$

- $s_1=4,1, s_2=4,6$

95% ДИ для $(\mu_1 - \mu_2)$ составит

$$(7,1 - 10,4) \pm 1,96\sqrt{(4,1^2/33 + 6,0^2/27)},$$

т.е. $(-3,3) \pm 2,7$, или от $-6,0$ до $-0,6$. Таким образом, данные дают основание полагать, что дети в популяции Б болеют больше в течение года, чем дети в популяции А, в среднем от 0,6 до 6,0 дней.

Тест на достоверность для сравнения двух средних

Иногда желательно тестировать специфичную гипотезу о различиях $(\mu_1 - \mu_2)$ двух средних значений. Специальный интерес может представлять гипотеза о равенстве двух средних, т.е. $\mu_1 = \mu_2$. В этом случае цель проведения тестирования на достоверность заключается в том, чтобы оценить, может ли разница между двумя выборочными средними объяснена полностью за счет ошибки отбора.

Как и в предыдущих случаях тест проводится путем оценки того, куда попадает наблюдаемое значение $(x_{1cp} - x_{2cp})$ относительно распределения выборки согласно принятой гипотезе, что $\mu_1 = \mu_2$.

Как и в предыдущих случаях, значение p получаем, определяя, сколько стандартных ошибок отделяет разницу $(x_{1cp} - x_{2cp})$ от нулевого значения, которое лежит в центре распределения выборки согласно нулевой гипотезе, т.е. рассчитываем

$$Z = (x_{1cp} - x_{2cp})/SE = (x_{1cp} - x_{2cp})/\sqrt{(s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2)} \quad (2)$$

Рассчитав Z , значение p определяем по таблице нормального распределения.

Пример. В исследовании заболеваемости

$$Z = (7,1 - 10,4)/\sqrt{(4,1^2/33 + 6,0^2/27)} = -2,43$$

Найдя значение p из таблицы, рассчитываем $p = 2 \cdot 0,00755 = 0,015$. Другими словами, данные действительно дают доказательство реальных различий между двумя популяциями.

Методы для малых выборок

При малых выборках единственное изменение уравнений (1) и (2) заключается в том, что стандартная ошибка разницы оценивается как:

$$SE(x_{1cp} - x_{2cp}) = s \cdot \sqrt{1/n_1 + 1/n_2}, \text{ где}$$

s – оценка σ и получена из средневзвешенных значений s_1^2 и s_2^2 .

$$s^2 = [(n_1 - 1) \cdot s_1^2 + (n_2 - 1) \cdot s_2^2] / [(n_1 - 1) + (n_2 - 1)]$$

Затем s находится как корень квадратный из s^2 .

Доверительный интервал для $(\mu_1 - \mu_2)$ рассчитывается следующим образом:

$$(x_{1cp} - x_{2cp}) \pm t \cdot s \cdot \sqrt{1/n_1 + 1/n_2}, \text{ где}$$

t находится по таблице распределения t с $(n_1 + n_2 - 2)$ степенями свободы.

Тест на значимость гипотезы, по которой $\mu_1 = \mu_2$, проводится путем расчета:

$$T = (x_{1cp} - x_{2cp}) / [s \cdot \sqrt{1/n_1 + 1/n_2}]$$

Далее окончательное значение находят по той же таблице, используя ту же степень свободы.

При малом размере выборки или распределении, сильно отличающемся от нормального или сильных различиях s_1 и s_2 , следует использовать непараметрические методы тестирования.

Характеристика категориальных переменных.

Вычисление пропорций в выборке.

Категорийные (групповые) данные

Часто в медицинской практике используются групповые данные, для которых нет количественных характеристик и каждое исследуемое лицо отнесено в одну из двух или несколько групп.

Например, в клинических исследованиях пациенты классифицируются в зависимости от эффективности лечения в несколько групп:

- a. Выживаемость до года после сердечного приступа: умер или жив.
- b. Противоопухолевый эффект от химиотерапии: полный, частичный или отсутствует.

В эпидемиологических исследованиях характеристики заболевания или образа жизни классифицируются:

- a. Результаты тестирования крови на наличие ВИЧ инфекции: положительные или отрицательные.

б. Предшествующий инфаркт миокарда по данным ЭКГ: нет, возможно, определено.

с. Курительный анамнез: никогда не курил, бывший курильщик, курит в настоящее время.

Иногда количественные оценки используются для создания групповых данных:

а. Гипертония: да ($\geq 160 - \geq 90$) или нет.

б. Употребление алкоголя: нет, эпизодически, регулярно, злостный пьяница.

Расчет доли в случае двух групп

Например, в округе Хэмстэд в течение года родилось 1710 детей: 329 незаконнорожденных и 921 – законнорожденных.

Доля незаконнорожденных = $329/1310 = 0,251$ или в % = $0,251 \cdot 100\% = 25,1\%$.

Если изучаемая группа малочисленна, то можно представить результаты как показатель на 1000 (или даже на 1000000).

Например, 11 детей умерли в течение года, 1299 выжили.

Показатель детской смертности = $(11/1310) \cdot 1000 = 8,4$ на 1000 живых новорожденных.

Вычисление пропорций в выборке

Выборка – часть генеральной совокупности, репрезентативная ей, т.е. каждый член генеральной совокупности (населения) имеет равный шанс попасть в изучаемую группу.

Предположим, что в исследовании курения 30% населения курит. Тогда вероятность, что рандомизировано выбранный индивидуум курит составит $\pi = 0,3$.

Предположим, мы делаем рандомизированную выборку из генеральной совокупности, состоящей из n субъектов. Используя биномиальное распределение, можно рассчитать вероятность попадания в выборку r курильщиков для любых значений π и n . Дадим следующие значения: $\pi = 0,3$; $n = 5, 20$ и 50 соответственно.

Важно знать долю в выборке $p = r/n$ и насколько она отличается от их доли в реальной популяции $\pi = 0,3$. Только при большом везении p будет равен π . В любой рандомизированной выборке эта величина будет варьироваться.

Сравнение двух пропорций.

Пример. В клиническом исследовании метастатического рака молочной железы больные были рандомизированно распределены в 2 группы по виду химиотерапии: L-Ram или CMF (комбинация из 3-х препаратов). Эффект оп-

ределялся по уменьшению опухоли по крайней мере наполовину в течение минимум 2-х недель.

Таблица 16.

Результаты химиотерапии в двух группах

Противоопухолевый эффект	CMF	L-Pam	
Да	49	18	67
	(53%)	(20%)	(36%)
Нет	44	73	117
Общее число больных	93	91	184

Задача: оценить убедительность преимущества использования CMF по сравнению с L-Pam.

Нулевая гипотеза – лечение эффективно при любом использованном виде химиотерапии.

Тест на значимость двух сравниваемых процентных соотношений

Если нулевая гипотеза верна, каковы шансы получения значительной (или более значительной) разницы двух полученных процентных соотношений. В приведенном примере, какова вероятность получения таких же различий или более: 53% против 20%.

Эта вероятность, обычно обозначаемая p , определяется следующим образом (используя пример с лечением рака молочной железы):

Наблюдаемые различия процентных соотношений = $p_1 - p_2 = 52,7\% - 19,8\% = 32,9\%$

Комбинация двух групп вместе дает общий эффект лечения $p = 67/184 = 36\%$, который будет использован ниже.

Если нулевая гипотеза верна, тогда единственная причина, по которой $p_1 - p_2$ отличается от нуля, заключается в вариабельности выборки. При нулевой гипотезе допускается, что 2 выборки размером $n_1 = 93$ и $n_2 = 91$ являются рандомизированными выборками больных с равной вероятностью эффекта π . При таких условиях насколько в среднем $p_1 - p_2$ может отличаться от нуля?

Это определяется **стандартной ошибкой разницы двух процентных соотношений** = $\sqrt{p \cdot (100 - p) \cdot (1/n_1 + 1/n_2)}$ = $\sqrt{36,4 \cdot 63,6 \cdot (1/93 + 1/91)}$ = **7,1%**

Сущность статистического теста на значимость заключается в сравнении наблюдаемой разницы со стандартной ошибкой разницы путем простого деления одного на другое.

Таким образом, рассчитываем $Z = \text{наблюдаемая разница в процентных соотношениях} / \text{стандартная ошибка разницы} = 32,9/7,1 = 4,63$.

Если разница в процентных соотношениях превышает стандартную ошибку разницы, можно предположить, что нулевая гипотеза неверна.

Следующий вопрос заключается в том, насколько Z больше 1, для того чтобы оценить силу доказательства неверности нулевой гипотезы.

Допускаем, что разница в процентных соотношениях приближается к нормальному распределению, поскольку это делает невозможным превращение любого значения Z в вероятность p следующим образом:

Если нулевая гипотеза верна, то

Z превышает 0,674 с вероятностью 0,5

превышает 1,282 с вероятностью 0,2

превышает 1,645 с вероятностью 0,1

превышает 1,960 с вероятностью 0,05

превышает 2,576 с вероятностью 0,01

превышает 3,291 с вероятностью 0,001

Основной принцип заключается в том, что чем больше величина Z , тем меньше значение вероятности p .

В примере с раком молочной железы $Z = 4,64$ и, таким образом, вероятность p меньше 0,001, т.е. если бы лечение обоими методами было бы одинаково эффективным, то шанс получения такого большого значения разницы в процентных соотношениях был меньше, чем 1 из 1000.

Таким образом, разница в процентных соотношениях статистически значима на уровне 0,1% и значит существуют убедительные доказательства в преимуществе лечения СМФ.

Пример. В клиническом исследовании больные после инфаркта миокарда были рандомизировано распределены в 2 группы: лечение антураном и плацебо.

Таблица 17.

Годичная выживаемость пациентов после инфаркта миокарда

	Антуран	Плацебо	Всего
Умерли	32 (4,1%)	44 (5,6%)	76
Живы	743	739	1482
Всего	775	783	1558

Разница в процентных соотношениях = 5,62% - 4,13% = 1,49%.

Стандартная ошибка разницы = 1,09%.

Таким образом, $Z = 1,49/1,09 = 1,37$ и $0,1 < p < 0,2$.

Нулевая гипотеза, что антуран и плацебо одинаково эффективны, была верна, шансы получения такой разницы в % выше, чем 1 из 10.

Интерпретация величины p

Величины p превышающие 0,1, обычно считаются большими и имеющиеся различия рассматриваются как статистически не доказанными.

Стало общей практикой рассматривать $p < 0,5$ в качестве достаточного доказательства ложности нулевой гипотезы. Разница в процентных соотношениях в таких случаях объявляется статистически значимой на уровне 5%. Иногда говорится, что нулевая гипотеза принимается или отвергается в зависимости от того, p выше или ниже 0,05.

СЛЕДУЕТ ПОДЧЕРКНУТЬ, ЧТО ТАКОЕ БОЛЬШОЕ ЗНАЧЕНИЕ, КОТОРОЕ ПРИДАЕТСЯ ВЕЛИЧИНЕ $p < 0,05$, ОБЕЗОРУЖИВАЕТ, т.к. использование пограничной величины, к сожалению, скорее мода, а не результат научной или статистической обоснованности.

Вместо этого, более целесообразным является приведение в результатах реального значения p , а не того, попадает ли она ниже определенных лимитирующих значений. Для этого следует использовать таблицу нормального распределения для того, чтобы превратить любое значение Z в соответствующую вероятность p . Величина p получается путем удвоения числа в таблице, которое связано с рассчитанной величиной Z .

Например, используя указанную таблицу, в исследовании антурана $Z = 1,37$, из чего следует $p = 2 \times 0,0853 = 0,1706$. Обычно приводится значение p до второго десятичного знака $p = 0,17$.

Злоупотребление тестированием значимости

В идеале статистические тесты на достоверность используются для оценки первоначальной гипотезы, разработанной до получения данных.

Тесты на достоверность требуют осторожности при интерпретации, особенно если используется много тестов и они подобраны, исходя уже из полученных данных. Следует помнить, что один из каждых 20 тестов на достоверность дает $p < 0,05$ случайно, даже если нет истинной связи между данными.

Например, в опубликованных результатах исследования антурана подчеркивались различия в числе внезапных смертей в пределах 6 месяцев: 6 при использовании антурана и 24 при использовании плацебо ($p = 0,001$). Однако изучение данного эффекта не планировалось в начале исследования, поэтому подчеркивание такого рода данных, как наиболее значимых, следует избегать.

95%доверительный интервал для разницы двух процентных соотношений. Наряду с величиной p следует указывать доверительный интервал

разницы.

95% доверительный интервал для разницы двух процентных соотношений равен:

наблюдаемая разница ± 2 стандартные ошибки разницы

В исследовании антурана 95% доверительный интервал одногодичной смертности = $5,6\% - 4,1\% \pm 2 \times 1,1\% = -0,7\%$ до $3,7\%$.

Таким образом, резонно предположить, что реальная разница между антураном и плацебо лежит где-то между $0,7\%$ повышением смертности от антурана и $3,7\%$ снижением смертности от него.

Заметьте, что если такой 95% доверительный интервал включает 0, т.е. одна граница положительная, а другая отрицательная, то p выше 0,05.

Напротив, если 95% доверительный интервал не включает 0, тогда p меньше 0,05. Это иллюстрирует тесную связь между тестированием на достоверность и доверительными интервалами.

Часть 3. Оценка риска

3.1. Характеристика риска

Характеристика риска – это описание типа и величины негативного эффекта исследуемого загрязнителя для отдельных лиц и групп населения при определенных условиях воздействия. Она включает:

- характеристику нежелательных для здоровья населения эффектов;
- оценку риска смерти от злокачественных новообразований;
- оценку риска, связанного с воздействием неканцерогенных веществ;
- суммирование информации о риске;
- анализ неопределенностей, связанных с оценкой риска;
- представление и распространение результатов.

Характеристика риска может быть представлена в виде **индивидуального пожизненного риска** (в течение 70 лет жизни).

Для канцерогенного загрязнителя устанавливается фактор потенциала (мг/кг/сут-1) /SF/, который служит основой для пересчета рассчитываемого среднесуточного поступления /CDI/ в пожизненный риск смерти /LR/:

$LR=CDI \cdot SF$ (или *пожизненный индивидуальный риск = среднесуточная доза в течение жизни x фактор потенциала*)

Или **Единичный риск x концентрацию** ($Ur_i \times Conc = Ir_i$)

Например, исходя из расчета среднесуточной дозы поступления бенз(а)пирена (БП) на уровне ПДК для атмосферного воздуха через дыхательные пути, индивидуальный пожизненный риск составит:

$$7,2 \cdot 10^{-8} \text{ мг/кг/день} \cdot 7,3 \text{ мг/кг/день}^{-1} = 5,2 \cdot 10^{-7}.$$

Популяционный риск определяет число случаев смерти или заболеваний, которое может возникнуть во всей популяции или в отдельных ее группах (наиболее уязвимых) в результате воздействия изучаемого загрязнителя.

Популяционный риск = Индивидуальный риск x Численность населения (или подгруппы)

Применительно к приведенному примеру – популяционный риск в пересчете на миллион жителей общего населения составит 0,5 случая. **Годовой популяционный риск – эту величину разделить на 70 лет.**

Индивидуальный и популяционный канцерогенные риски характеризуют верхнюю границу **возможного** канцерогенного риска на протяжении периода, соответствующего средней продолжительности жизни человека (70 лет). Точно предсказать невозможно (разная чувствительность, латентный период и пр.). Величину годового риска не следует использовать для проведения каких-либо прямых аналогий между уровнями фактической онкологической заболеваемости или смертности и значениями этих рисков. Значения канцерогенных рисков отражают, главным образом, долгосрочную тенденцию к изменению онкологического фона, формирующуюся при условии соблюдения всех принятых исследователем исходных данных (например, определенная продолжительность и интенсивность воздействия, неизменность экспозиции во времени, конкретные значения факторов экспозиции и др.).

Сокращение продолжительности жизни. Пересчет дополнительных случаев смерти в годы сокращения продолжительности жизни может быть осуществлен в соответствии с методикой, согласно которой годовому риску 10^{-4} соответствует 1 – 2 дня сокращения продолжительности жизни. Поэтому можно считать, что на 1 случай смерти приходится примерно 30 лет сокращения продолжительности жизни.

Для **неканцерогенных загрязняющих веществ**, например, взвешенных частиц размером менее 10 микрон / PM_{10} / используются еще более простые методы оценки (при этом повышается степень неопределенности). Предполагается определенное процентное увеличение смертности на 10 мкг/м^3 . Этот подход, основанный на результатах эпидемиологических исследований кратковременного и хронического воздействия PM_{10} в США, показывает, что общая смертность увеличивается на 0,5-0,7% на каждые 10 мкг/м^3 увеличения

PM₁₀. Гарвардский институт международного развития рекомендует в расчетах использовать значение 1% увеличения смертности на каждые 10 мкг/м³ увеличения PM₁₀, что при современном уровне смертности в США предполагает увеличение смертности на человека в год на величину около $0,8 \cdot 10^{-7}$ на каждые 10 мкг/м³ PM₁₀.

Пожизненный приемлемый канцерогенный риск для производственного воздействия составляет 10^{-3} , для населенных мест – 10^{-5} ; 10^{-4} – сигнальный уровень риска (для населенных мест).

При планировании долгосрочных программ, установлении гигиенических нормативов ВОЗ рекомендует величину целевого риска 10^{-6} . Это суммарный канцерогенный риск, связанный с канцерогенным эффектом всех выявленных канцерогенных веществ.

Для оценки опасности, связанной с действием неканцерогенных веществ, в ряде случаев может использоваться показатель опасности, основанный на допустимой среднесуточной дозе, рассчитанной, как показано выше, с учетом всех неопределенностей.

Данный подход базируется на сопоставлении реальной дозы с допустимой:

Показатель опасности = Оценка дозы / Допустимая среднесуточная доза

Если этот показатель меньше 1, предполагается, что воздействие не вызывает вредных последствий. Если более 1, есть основания для беспокойства. Для характеристики риска оценивается размер субпопуляций, экспонированных к уровням, когда индекс опасности выше единицы.

На основе эпидемиологических исследований можно рассчитать дополнительные случаи смерти или заболеваний по формуле:

Доп.случаи = Коэфф.повыш.риска x Изм. Эксп. x Фоновая забол. x Численность населения

Коэфф.повыш.риска выражается в единицах процента повышения заболеваемости на мг/м³ загрязнителя.

Как было показано выше, оценка риска включает множественные пути поступления вредных веществ в организм человека. Эти риски следует суммировать. Риски рассматриваются как аддитивные и в случае воздействия токсикантов однонаправленного действия. При характеристике рисков, как дополнительных случаев смерти от воздействия канцерогенов, к этим случаям следует прибавить случаи смерти от других заболеваний, связанных с изучаемым воздействием и имеющих фатальный исход.

Характеристика риска в большой степени логический процесс, подразу-

мевающий аналитическое обобщение имеющихся данных. Помимо возможности полного описания и обоснования полученных рисков, он требует детального обсуждения всех неопределенностей и допущений, присутствующих в проведенной оценке риска.

Анализ риска нацелен на лиц, принимающих решения, и служит инструментом, который позволяет проводить количественные оценки, обеспечивающие научную поддержку в процессе принятия решения.

3.2. Этапы оценки риска

Оценка риска, как правило, состоит из следующих этапов:

1. Идентификация опасности.
2. Оценка экспозиции.
3. Оценка зависимости "доза – ответ".
4. Характеристика риска.

Идентификация опасности.

1 этап

Таблица 18.

Выбор предприятий, который вносят основной вклад в риск

Выбросы по предприятию X	т/год
Канцероген 1	x
Канцероген 2	x
.....	...
Канцероген n	x

Для оценки канцерогенного риска предприятия отбираются по величине приведенного выброса канцерогенов по формуле:

$C = S \sum SF_i \times E_i$, где:

C – приведенный выброс канцерогенов для данного предприятия;

SF – фактор-потенциал ингаляционного канцерогенного эффекта для канцерогена **I**;

E_i – объем выброса этого канцерогена в т/год.

Далее предприятия ранжируются в порядке убывания величины приведенного выброса и для моделирования рассеивания выбираются лишь те, суммарный приведенный выброс которых составляет 90% от общего канцерогенного выброса по городу (вычисленному по той же формуле).

Таблица 19.

Предприятия в порядке убывания величины приведенного выброса

Приведенный выброс канцерогенов	(т/год) (кг-день/мг)
Всего по городу	х
Предприятие 1	х
Предприятие 2	х
.....
Предприятие n	х

2 этап

Далее определяются координаты рецепторных точек, для которых будет произведен расчет рассеивания. Обычно территория города разбивается на 20 ячеек, в каждой из которых проживает 5% населения города. Поскольку плотность населения неодинакова по территории города, то площади ячеек будут различаться. Рецепторная точка выбирается в центре ячейки.

3 этап

Расчет среднегодовых концентраций каждого из канцерогенов (по имеющимся моделям рассеивания с учетом метеоусловий).

Вычисляются среднегодовые концентрации канцерогенов для каждой рецепторной точки и каждого предприятия и составляется таблица.

Таблица 20.

**Среднегодовые концентрации канцерогенов
для рецепторных точек и предприятий**

Среднегодовые концентрации от предприятия $X, \text{мг/м}^3$	Канцероген	Канцероген	.....	Канцероген
	1	2	.....	N
Рецепторная точка 1	х	х	...	х
Рецепторная точка 2	х	х	...	х
.....
Рецепторная точка 20	х	х	....	х

4 этап

Расчет индивидуального и популяционного рисков:

Риск инд.= Среднегодовая концентрация \times Единичный риск (пожизненный риск)

Для вычисления годового риска пожизненный риск делится на среднюю продолжительность жизни (70 лет):

Риск поп.= Годовой инд. риск \times численность населения в данной точке

Во всем городе риск вычисляется суммированием по всем рецепторным точкам.

5 этап

Составление таблиц риска.

Таблица 21.

Таблица риска предприятия

Предприятие j	Канцероген 1		Канцероген 2		Канцероген j	
	Риск инд.	Риск поп.	Риск инд.	Риск поп.	Риск инд.	Риск поп.
1	х	х	х	х	х	х
2	х	х	х	х	х	х
....
20	х	х	х	х	х	х

Вычисление суммарного канцерогенного риска по городу от всех предприятий и канцерогенов по рецепторным точкам.

Каждая ячейка таблицы канцерогенного риска содержит популяционный канцерогенный риск, создаваемый предприятием j в точке i, получаемый суммированием по всем канцерогенам, выбрасываемым предприятием j.

Таблица 22.

Вычисление суммарного канцерогенного риска по городу

Популяционный канцерогенный риск	Предприятие 1	Предприятие 2	....	Предприятие j	Сумма по предприятиям
Рецепторная точка 1	х	х	...	х	х
Рецепторная точка 2	х	х	...	х	х
.....
Рецепторная точка 20	х	х	....	х	х
Рецепторная точка 1	х	х	...	х	х

Нижняя строка этой таблицы показывает суммарный канцерогенный риск по городу, создаваемый различными предприятиями. Крайний правый столбец таблицы показывает суммарный риск от всех предприятий, создаваемый в данной рецепторной точке.

3.3. Введение в управление риском

Экологические проблемы в России вызваны различными типами загрязняющих веществ, источников выбросов и технологических процессов. Эти проблемы представляют серьезную угрозу здоровью населения. Лица, принимающие решения (ЛПР) на разных уровнях управления легко могут быть перегружены этими многочисленными и сложными проблемами. Так как ресурсы на решение всего комплекса проблем ограничены, невозможно решать все экологические проблемы одновременно и при этом эффективно. Когда к природоохранным мероприятиям применяется слишком общий подход, проблемы решаются поверхностно и достигается очень незначительный конечный результат, а иногда и просто деньги бывают потрачены впустую. Для того чтобы эффективно решать имеющиеся проблемы, необходимо определить наиболее важные из них, а затем использовать имеющиеся средства для решения именно этих проблем. При выборе приоритетных задач надо всегда учитывать какие программы или мероприятия реально выполнимы при таких инвестициях, которые дадут наибольшую отдачу на единицу затраченных ресурсов. Приоритетность проблем определяется не только исходя из размеров наносимого ущерба, но также и экономической эффективности мер, которые можно применить для их решения или ликвидации.

По своей сути, определение приоритетов требует применение методов оценки социального ущерба, наносимого загрязнением окружающей среды, так же, как и сравнительной оценки стоимости различных методов снижения этого загрязнения. Требуется также реальная оценка политической приемлемости различных вариантов экологической политики.

Решение всех этих вопросов и находится в ведении Управления Риском (УР). Иными словами УР – это система политических, технических, законодательных и нормативных решений, направленных на ликвидацию, существенное уменьшение или предотвращение риска для здоровья населения. Принятие таких решений, естественно, зависит не только от оценки риска (ОР), но также от факторов политики, экономики и общественного сознания.

Таким образом, УР представляет собой процесс принятия решений, в котором для выработки стратегий по предотвращению риска или разработки первоочередных мер по его сокращению, наряду с результатами ранжирования, полученными в результате применения ОР, учитываются экономические, технические, социальные и политические вопросы. Если ОР задается вопро-

сом «насколько серьезна проблема», то УР занимается вопросом «что может и должно быть сделано для решения» этой проблемы.

В идеале, конечный результат процесса УР – это набор приемлемых (разумных, выполнимых) долгосрочных программ (мероприятий) по снижению и/или предотвращению риска, нацеленных на достижение поставленных экологических целей выгодным (наименее затратным) способом.

Одним из важных аспектов УР является вовлечение для заинтересованного участия в этом процессе различных ведомств, общественности, а также населения данной территории, перед которыми в процессе УР необходимо поставить четкие цели, обозначить критерии оценки мероприятий и сделать открытым процесс выбора приоритетов для УР.

Предпосылки для управления риском

Прежде, чем приступить непосредственно к УР, следует решить несколько вопросов. Во-первых, необходимо провести ранжирование следующих рисков: риск здоровью, экологический риск, риск качеству жизни. В рамках решения наших задач предполагается, что риск здоровью уже выбран в качестве приоритетного. Во-вторых, важно еще раз уточнить цели и задачи проекта по сравнительному анализу рисков, при этом, учитывая дополнительные гипотетические задачи, которые могут появиться в ходе реализации проекта, – с тем, чтобы четко представлять себе приоритет выполнения разных задач по управлению рисками для достижения конечной цели.

Наконец, к УР нужно привлекать специалистов, которые непосредственно проводили анализ (оценку) риска, и тех, кто может способствовать реализации выбранных задач по УР.

Ранжирование рисков является неотъемлемой частью процесса УР. Процесс ранжирования рисков, один из основных этапов выбора мероприятий по сокращению и (или) предотвращению рисков. Чтобы определить, какие мероприятия будут наиболее эффективными, членам рабочей группы по УР необходимо понимать все составные части риска и процессы их взаимодействия. Это предполагает не только определение проблем, представляющих наибольшие риски, но и понимание того, почему эти риски имеют такое значение, и кто в наибольшей степени им подвержен. Важно понять, какие факторы способствуют возникновению наиболее значимых рисков, какие группы населения и экологические системы подвергаются наибольшему риску. Кроме того, надо оценить, насколько эффективны существующие программы по снижению или предотвращению этих рисков. Именно для этого надо привлекать к процессу УР наиболее широкий круг специалистов.

Пример. Высокий уровень содержания свинца в крови у детей может

быть вызван рядом причин: загрязнение питьевой воды; свинцовая пыль, накапливающаяся в почве. Для того, чтобы разработать эффективные в данной ситуации мероприятия по снижению и профилактике риска, нужно определить, какой именно источник вносит наибольший вклад в загрязнение, и какие меры в настоящее время принимаются в отношении снижения данного риска. Надо также проанализировать и оценить уже имеющиеся программы, направленные на снижение содержания свинца в окружающей среде. И привлекая к работе возможно более широкий круг специалистов, выработать актуальные стратегии УР.

Оценка эффективности существующих программ. Надо выяснить, достаточно ли хороши уже имеющиеся программы действий, направленных на достижение поставленных перед вами целей и оценить эффективность проводимых в настоящее время мероприятий.

Решая задачу эффективного распределение средств на реализацию различных программ, следует оценить “нетто” снижения риска, т.е. сокращение риска в его “чистом” виде. Эта идея влечет за собой такой подход к УР, который снизит или предотвратит риск наиболее эффективно. Здесь не нужно забывать о том, что некоторые проблемы могут представлять меньший риск ввиду следующих причин: в данном случае эффективно “работают” мероприятия по контролю риска, или собственно данная территория не подвергается высокому риску. Прежде чем сделать вывод, нужно определить следующее: уточнить, насколько точно действующие мероприятия направлены на указанные риски; какие затраты в будущем это может вызвать. Если мы видим, что существующее УР эффективно, а отсутствие такого управления приведет к увеличению риска, значит можно говорить о сокращении риска в “чистом виде” – в таком случае нужно не размещать дополнительные ресурсы для решения данной проблемы, а снижать риск теми имеющимися средствами, которые показали свою эффективность в данной ситуации. Однако, в случае, когда риски на рассматриваемой территории относительно невысоки, может быть целесообразным отложить капиталовложения для их ликвидации и перенести их на решение проблем, связанных с необходимостью управления более серьезными рисками, может быть даже менее изученными в настоящее время.

Кроме того, если сравнительный анализ рисков направлен на определение не только существующих, но и возможных рисков для окружающей среды, значит работа должна включать и анализ прогнозируемых изменений или трендов риска. На увеличение или сокращение риска могут влиять изменения технологий, экономическая ситуация и (или) демографические факторы.

Обычно в практике ранжирования рисков учитываются некоторые из указанных факторов. Если их не учитывать, в том случае анализ тенденций можно выполнить, прибегнув к коллективному экспертному заключению; либо используя более точный количественный подход, включающий моделирование или другие методики прогнозирования.

Сравнивая социальный эффект (т.е. избежание потерь) со стоимостью программ, ЛПР могут определить наиболее социально выгодную программу. Хотя конкретные ситуации требуют конкретных решений, существуют общие типы мероприятий, которые обычно классифицируются как приоритетные:

- **Проекты с “двойным эффектом”.** Такие проекты позволяют сэкономить деньги и одновременно защитить окружающую среду. Например, простые изменения технологического процесса или программы утилизации отходов могут снизить выбросы и одновременно позволят сэкономить на стоимости расходных материалов или сырья, давая двойной экономический и экологический выигрыш.

- **Профилактические мероприятия.** Мероприятия, которые предотвращают само возникновение проблем или хотя бы ухудшение ситуации. Эти программы, рассматриваются как более приоритетные, чем те, которые направлены на снижение уже существующего загрязнения, потому что профилактика всегда дешевле, чем ликвидация последствий, если брать не только прямые финансовые затраты на реализацию программ, но и социальный ущерб.

- **Многоцелевые мероприятия.** Мероприятия, которые решают несколько проблем одновременно, такие как например, сокращение выбросов в атмосферный воздух и одновременное снижение вредных экспозиций на рабочих местах.

Подход к управлению риском.

УР здоровью населения от вредных факторов окружающей среды – это сложный процесс, который охватывает физические, биологические и социальные факторы. Первый блок – это сравнительная характеристика риска. Суть его заключается в вычислении количественных показателей, в котором показатели риска сравниваются со стандартными величинами риска, данными руководящих документов или сравнимыми показателями рисков. Проведя это сравнение, и зная об имеющихся допущениях, экстраполяции и оценочные допущения, используемые при расчетах, специалист по экологической эпидемиологии может определить, насколько значителен имеющийся риск.

Однако нужно принимать во внимание восприятие риска конкретными людьми в определенной группе людей, подверженной риску. На восприятие

риска влияет как способ распространения информации о сравнительной характеристике рисков, так и эффективность распространения информации о контроле экспозиции.

После проведения сравнительного анализа риска и соответствующего контроля экспозиции (который входит в блок управления риском), должен быть проведен мониторинг риска.

Этапы процесса управления риском.

Существуют разнообразные способы проведения работ по УР, однако, есть несколько основных этапов, которые традиционно используются в проектах сравнительного анализа рисков.

Таблица 23.

Этапы процесса управления риском

Этап 1	Постановка целей в области охраны окружающей среды
Этап 2	Определение критериев оценки различных мероприятий по управлению риском
Этап 3	Выбор и анализ мероприятий по достижению поставленных целей
Этап 4	Выбор приемлемых мероприятий и контроль результатов их выполнения

Этап 1. Постановка целей.

Определение масштабности проблем. ЛПР, могут сталкиваться с огромным количеством требующих решения экологических проблем. Эти проблемы могут охватывать различные среды (воздух, грунтовые и поверхностные воды, почву, продукты питания) и иметь различный масштаб (локальное загрязнение или загрязнение, охватывающее территории нескольких районов и областей). Важным первым шагом для руководителя является определение списка проблем, для решения которых он может предпринять конкретные меры. Масштаб таких проблем зависит от уровня принятия решений. Например, при определении местных приоритетов местные руководители, концентрируют свое внимание на воздействии на здоровье людей местных источников загрязнения, а не на те, которые обусловлены, например, трансграничным переносом загрязняющих веществ. Необходимо также четко определить, какого типа воздействие принимать к рассмотрению. Характеристика воздействия может включать определенные типы заболеваний (злокачественные, респираторные патологии и др.), типы экспозиции (профессиональные или общие), определенные группы подверженного населения (дети). Детальное определение проблем поможет сузить круг проблем, требующих наиболее быстрого

решения.

При определении мероприятий, нацеленных на долгосрочную перспективу и направленных на решение экологических проблем необходимо определить точные цели и задачи в области охраны окружающей среды. Процесс определения экологических целей, когда в нем задействован широкий круг участников (государственных ведомств, отвечающих за эффективную природоохранную политику, частных компаний, заинтересованных в решении экологических проблем, при наименьших финансовых затратах и общественности) – это возможность достижения приемлемых решений при расстановке экологических приоритетов. Если цели поставлены верно, они будут способствовать процессу выработки тех мероприятий, которые обращены к управлению наиболее значимыми рисками, которые были выявлены в результате оценки риска. Кроме того, определение целей – это хорошая возможность обдумать и взвесить те способы, с помощью которых можно будет оценить эффективность выбранных мероприятий по их выполнению.

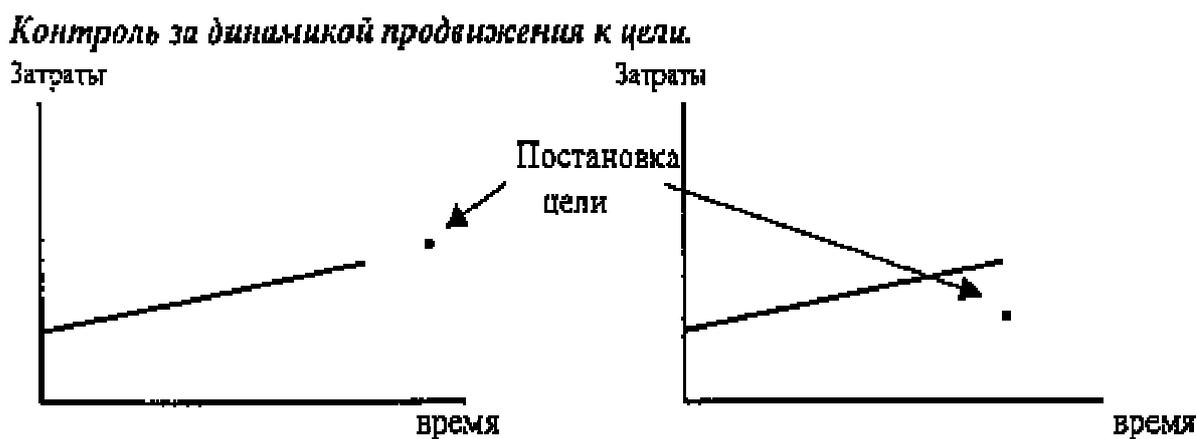


Рис. 4. Контроль за динамикой продвижения к цели

На рисунке показаны два различных сценария того, как контрольные цели могут помочь лицам, принимающим решения, определить эффективность выполнения поставленных задач. На графике слева видно, что усилия прилагаемые к достижению гипотетической цели, действительно являются вполне эффективными на пути продвижения к этой цели. Эта цель может представлять собой рост, например, таких предприятий, загрязняющих ОС, которые будут соблюдать как национальные (федеральные), так и местные (т.е. данной области) стандарты. График справа демонстрирует ситуацию, в которой динамику к поставленной цели нельзя признать положительной. Фактически, здесь наблюдается тенденция движения в сторону от намеченной цели, завышению вложенных средств, что может побудить ЛПР пересмотреть и изме-

нить проводимые мероприятия. Как правило, сами цели должны быть важными, понятными, иметь осязаемый результат по достижению, а само достижение при этом должно быть ограничено определенными сроками.

Оценивая эффективность мероприятий по УР и отслеживая положительные результаты, в смысле достижения поставленных целей, можно использовать такие экологические индикаторы как: снижение загрязнения (концентраций определенных веществ) окружающей среды или повышение биоразнообразия данной экосистемы.

Этап 2. Определение критериев оценки мероприятий по управлению риском.

После того, как определен ряд специальных задач для достижения конечной цели проекта, необходимо выбрать оптимальные мероприятия по сокращению или предотвращению рисков, которые были бы направлены на их достижение. До начала выбора мероприятий по УР нужно решить, с помощью каких критериев оценивать выбираемые мероприятия. Необходимым условием выбора подавляющего большинства мероприятий по УР является их технологическая и экономическая выполнимость.

Подсчет экономического ущерба. В идеале ЛПР должен знать социальную стоимость наносимого загрязнением вреда здоровью населения. Стоимость некоторых последствий заболеваний подсчитать довольно несложно, например, стоимость лечения или стоимость потерянного рабочего времени. С другой стороны, чрезвычайно сложно измерить или подсчитать стоимость боли и мучений больного, психологических переживаний близких тяжело болеющего или преждевременно умершего человека. Однако, необходимо рассматривать оба типа ущерба. Так как реальная общая социальная стоимость воздействия загрязнения окружающей среды зависит от того, сколько люди готовы заплатить, чтобы избежать всех этих последствий воздействия на здоровье.

Исследователи используют несколько методов оценки социальной стоимости ущерба или, говоря другими словами, выгоды от ликвидации вредного воздействия загрязнения среды. Главными в таких экономических исследованиях являются понятия “стоимость болезни”, “готовность платить” или “готовность принять ущерб”. Стоимость болезни вычисляется напрямую, исходя из стоимости лекарств, медицинского обслуживания и потерянного заработка. Готовность платить отражает сумму, которую люди готовы заплатить, чтобы избежать риска заболевания или смерти, а готовность принять ущерб отражает сумму, за которую люди готовы были бы принять риск заболевания или смерти. Для оценки готовности платить или готовности принять ущерб эко-

номисты используют как косвенные индикаторы – такие, как разница в средних зарплатах работников вредных и безопасных производств, так и исследования, основанные на непосредственных опросах населения.

Социально-экономический ущерб.

Эффекты действия канцерогенных загрязнителей измеряются в натуральном исчислении с помощью показателей:

- *пожизненного риска*, задающего число случаев смерти от определенных типов новообразований на 1 млн. чел., проживающих в условиях риска,
- *натурального ущерба для здоровья* – число лет сокращения продолжительности жизни из-за преждевременной смерти.

Эффекты действия неканцерогенных загрязнителей измеряются в натуральном исчислении с помощью показателей:

- *пожизненного риска*, задающего число случаев смерти на 1 млн. чел., проживающих в условиях риска,
- *риска болезни*, задающего число случаев определенных заболеваний (вызванных доказанным действием загрязнителя) в год на 1 млн. человек и среднюю продолжительность болезни,
- *натурального ущерба для здоровья* – число лет сокращения продолжительности жизни из-за преждевременной смерти или болезни.

Для проведения экономической оценки необходимо перейти от показателей риска и натурального ущерба к монетарным показателям, экономическим единицам измерения. Один из вариантов этого перехода основывается на концепции социально-экономического ущерба.

В основе этой концепции лежит предположение о линейной связи между натуральными показателями (пожизненный риск смерти – R; натуральный ущерб – сокращение продолжительности жизни – G) и экономическими показателями ущерба.

Если Y – социально-экономический ущерб, определяющий экономические потери из-за ущерба здоровью населения, тогда:

$$Y = a \cdot G \text{ или } Y = a \cdot R,$$

где коэффициент пропорциональности *a* – цена натурального ущерба для здоровья, принимаемая в рублях на человеко-год сокращения продолжительности жизни, или цена риска, измеряемая в рублях на одну дополнительную смерть. Однако, как мы уже говорили чрезвычайно сложно измерить или подсчитать стоимость боли и мучений больного, психологических переживаний близких тяжело болеющего или преждевременно умершего человека.

Затраты и “затраты-эффективность”.

При оценке мероприятий по УР важно рассматривать как затраты сами

по себе связанные с выполнением определенных мероприятий, так и связь “затраты-эффективность” для изучаемого варианта. Затраты можно анализировать с помощью оценки затрат на выполнение выбранного мероприятия для правительства страны, для частного сектора и (или) для общественности. При этом нематериальные показатели можно “материализовать” с помощью налоговых ставок или заместительных цен или метода социально-экономического ущерба, как это было показано выше.

“Затраты - эффективность” – это соотношение стоимости выполнения стратегии по снижению или предотвращению риска, к стоимости ожидаемых улучшений в окружающей среде или к количественному снижению риска. Т.е. наиболее эффективным считаются те мероприятия по УР, для которых ожидается наибольшее снижение риска на единицу запланированных затрат.

Пример 1. “Затраты - эффективность”.

Цель: снизить содержание NOx в регионе на 50%.

Имеется несколько альтернативных вариантов достижения этой цели:

1. Контроль выбросов мобильных источников. Стоимость – 80 миллиардов рублей

2. Контроль выбросов стационарных источников. Стоимость – 75 миллиардов рублей.

3. Частичный контроль выборочных мобильных и выборочных стационарных источников. Стоимость – 90 миллиардов рублей.

Вывод: Второй вариант наиболее эффективен в плане затрат для достижения конкретной цели.

“Затраты-выгода” — это сравнение по стоимости 1 предотвращенного случая отрицательного воздействия. В этом случае для прогнозирования эффективности различных мероприятий по управлению риском сопоставляют затраты на соответствующие мероприятия не просто с эффектом снижения риска для здоровья населения, а с достигаемым снижением экономических потерь, обусловленных этим риском. Такое сопоставление может служить лишь одним из критериев выбора решений по управлению риском, но никак не решающим, поскольку ценность здоровья и человеческой жизни для общества не эквивалентна экономическим потерям, связанным с болезнью и смертью. Следует отметить, что и в практике US EPA имеются случаи привлечения значительных средств (в частности, затрат так называемого Суперфонда на очистку территорий, загрязнённых производственными отходами или в результате аварий и других причин) даже тогда, когда оцененному риску для здоровья подвергается небольшая группа жителей, то есть при невозможно-

сти “окупить” эти затраты какими-либо финансовыми “выгодами”, как бы они ни рассчитывались.

Пример 2. “Затраты-выгода”.

Цель: Определить наименее затратный вариант для спасения жизней.

Имеются следующие мероприятия и их оценочная стоимость на спасение жизни.

Таблица 24.

Мероприятия и их оценочная стоимость (пример)

Мероприятие	Общая стоимость в руб.	Спасенные жизни	Затраты в руб. на спасение 1 жизни
Хлорирование питьевой воды	100 068 000 000	6 000	16 678 000
Контроль выхлопов мобильных источников загрязнения	64 560 000 000	50	1 291 200 000
Контроль концентраций летучих органических соединений	1 640 900 000 000	500	3 281 800 000

Вывод: самым выгодным будет мероприятие по хлорированию питьевой воды.

При рассмотрении как затрат, так и связи их с эффективностью, важно определить временные рамки для расчета параметра “затраты-эффективность”, который достаточен для достижения стратегических целей. Если период времени будет выбран неправильно, это может привести к неправильным конечным показателям эффективности.

Следует также обратить особое внимание на объективность и полноту учёта затрат на сравниваемые варианты управления. Так, при сравнении различных подходов к снижению риска от загрязнения окружающей среды в определённом городе свинцом автомобильных выхлопов может показаться, что полный переход на неэтилированный бензин не только наиболее эффективен (что не подлежит сомнению), но и экономически чрезвычайно выгоден потому, что он не связан вообще с какими-либо затратами для муниципалитета. На самом деле, проблема значительно сложнее. В частности, должны быть приняты во внимание дополнительные затраты владельцев автотранспорта на приобретение более дорогих марок высокооктанового неэтилированного го-

рючего либо экономические потери в связи со снижением мощности и износом двигателей в случае, если владельцы предпочтут избежать таких затрат.

Необходимо учесть также, что повышение октанового числа бензинов, не содержащих тетраэтилсвинца, чаще всего достигается за счёт значительного увеличения содержания в них ароматических углеводородов (бензола, этилбензола, ксилола, толуола), а это повышает токсичность бензиновых паров, то есть создаёт риски, которые необходимо учитывать. Таким образом, необходимый отказ от этилированного моторного топлива не является “бесплатным” ни в технико-экономическом, ни в гигиеническом отношении.

Реалистичность выполнения.

Нужно рассмотреть и оценить техническую выполнимость различных мероприятий по УР. Эффективные технологии могут быть легко доступны для решения одних проблем окружающей среды, но для решения других проблем их может не быть вовсе или на момент их использования они могут быть очень дорогостоящими (например, проведение мониторинга воды на наличие определенных видов микробиологического загрязнения). В некоторых случаях технологические возможности могут быть недостаточными или даже невозможными. Например, при современных условиях технических возможностей, гораздо более эффективным в техническом и финансовом отношении является предотвращение загрязнения грунтовых вод, чем модернизация системы водоснабжения, использующей в качестве источника загрязненные грунтовые воды.

Немаловажно также оценить доступность финансовых ресурсов, политическую атмосферу, общественное мнение, наличие способных выполнить программу институтов и специалистов и т.п. Для того, чтобы установленные приоритеты имели смысл и выбранные программы были выполнимы, эти практические ограничения должны быть оценены максимально реалистично.

Проблемы создания благоприятного “политического микроклимата”, получения общественной поддержки могут быть решены путем привлечения к сотрудничеству максимального числа заинтересованных сторон. Представители промышленности, неправительственных организаций, местной администрации и других заинтересованных сторон более вероятно поддержат принятие и выполнение природоохранных программ, если бы у них была возможность принимать участие и высказывать свое мнение при обсуждении альтернативных проектов с ЛПР, до того как окончательное решение было бы принято.

Сроки исполнения.

Одни мероприятия по УР могут быть удовлетворительными с точки зре-

ния “затраты-эффективности” и технически выполнимыми, но их нельзя быстро или просто применить на практике. Эти мероприятия могут потребовать многолетних усилий, прежде чем будут достигнуты положительные результаты их реализации. Например, образовательная экологическая программа, проводимая в школах, может занять достаточно много времени до получения результатов, если конечной целью является введение таких изменений школьного учебного плана, которые позволяли сделать новый предмет нормой преподавания во всем регионе (стране). Это не значит, что выбранное мероприятие неэффективно, это значит, что цели должны быть реалистичными. Можно также объединить некоторые мероприятия, предполагающие “быстрые” результаты, с другими мероприятиями, требующими больше времени на реализацию для достижения комплексных многокомпонентных целей.

Критерий социальной справедливости.

Отдельные группы людей могут подвергаться более высоким уровням риска, так как систематически подвергаются более высоким уровням вредных воздействий (например, сельскохозяйственные рабочие – мигранты), или по причине их большей восприимчивости к негативному воздействию на здоровье (например, необеспеченные горожане с ограниченным доступом к услугам сферы здравоохранения). Меры по УР в таких случаях нужно разрабатывать так, чтобы найти точного адресата деятельности. В настоящее время развиваются многие методы, чтобы улучшить понимание источников и уровней воздействия и их влияния на здоровье отдельных популяций при более высоких уровнях риска: таких как этнические меньшинства или люди, подверженные высоким уровням риска в детстве.

Этап 3. Выдвижение и анализ мероприятий для достижения поставленных целей.

Цель этого этапа – создать и проанализировать мероприятия по УР в процессе постоянной проверки их выполнимости и эффективности, который сосредоточен на достижении поставленных целей. Чтобы начать этот процесс, члены рабочей группы могут использовать показатели снижения риска или “стратегии предотвращения появления риска” из набора “инструментов” подхода к УР. Предложенные мероприятия можно затем анализировать в ходе работы, чтобы оценить преимущества разных стратегий.

Наиболее эффективные мероприятия можно затем подвергнуть более тщательному анализу, чтобы выбрать самые приемлемые из них. На этом этапе особенно важно привлечение широкого круга заинтересованных сторон, чтобы выбранные стратегии не вызвали негативного отношения у кого-то из вовлеченных участников (например, общественности, частного сектора, нало-

гоплательщиков и т.д.).

Эффективным может быть подход вовлечения в этот процесс членов рабочей группы к обсуждению за круглым столом различных подходов к УР.

Этап 4. Выбор приемлемых мероприятий и контроль результатов их выполнения.

При выполнении выбранных приоритетных мероприятий по УР необходимо проводить постоянный контроль выполнения различных этапов работ. При проведении контроля результатов работ надо учитывать:

- соответствие выбранных показателей контроля целям и задачам выполняемых мероприятий,
- проведение контроля результатов работ через определенные промежутки времени,
- проводить контроль всех аспектов проведения мероприятий (экспозиции, риска, экономических показателей и т.п.),
- использовать показатели соответствующего масштаба (напр., средний уровень загрязнения именно на изучаемой территории, оценка показателей здоровья именно в изучаемой группе людей и т.п.).

Распространение информации о риске

Распространение информация о риске является важным связующим звеном между оценкой риска и управлением риском.

Под распространением информации о риске понимается передача результатов этой оценки риска лицам (органам), принимающим решение, целенаправленное оповещение о них общественных природоохранных движений и организаций, а также населения (через СМИ). Желательно сочетать информацию о риске с рекомендацией мер управления им.

Первым элементом информации о риске служит отчёт о выполненной оценке его, в котором все её этапы должны быть изложены достаточно детально и адаптировано для соответствующего потребителя. В частности необходимо приводить в табличной форме те данные мониторинга или моделирования загрязнения окружающей среды, на которых были основаны расчёты доз; основания к даваемой оценке зависимостей “экспозиция-ответ” должны быть чётко разъяснены; неопределённости оценки и принятые допущения – обозначены на каждом этапе и т.д. Проекты оценки риска для здоровья населения иногда заказываются и финансируются промышленными предприятиями, но такой заказчик не может рассматриваться как единственный собственник полученных результатов, и о них должны информироваться органы Госсанэпиднадзора. Для информации общественности о риске следует использовать местные средства массовой информации (газеты, радио, телевидение),

специальные публикации типа брошюр, памяток, а также наглядные материалы и т.п. Однако такая информация должна быть тщательно взвешенной, чтобы не вызвать неадекватной реакции, психологического дискомфорта, но способствовать активному участию населения в поиске и реализации мер, направленных на снижение риска. Например, защита детей от экспозиции свинца и других загрязнителей через пыль и почву в быту требует осведомлённости родителей о путях этой защиты, многие из которых зависят непосредственно от их действий. Поэтому соответствующие информационные материалы должны распространяться среди населения городов, подвергающихся значительному риску от такой вредной экспозиции. Помимо информации о частных результатах оценки риска, необходимо использовать все информационные возможности для распространения общих представлений о том, что такое риск для здоровья населения, как он может быть оценен, с какими целями проводится эта оценка, какова её неопределённость и т.п.

Практическое использование технологий оценки риска в процессе УР для качественной и/или количественной оценки эффективности затрат и предложенных программ и мероприятий.

Модели рассеивания и методы оценки риска для здоровья населения могут использоваться для поддержки процесса принятия решений по местным и областным программам и по мероприятиям, разработанным для реконструкции конкретных предприятий. Количественная оценка риска из-за ее сравнительно более высокой стоимости, высокого уровня трудозатрат и продолжительности работ может применяться для оценки наиболее важных проблем или для оценки будущего улучшения здоровья населения в результате выполнения наиболее важных программ, а также для сравнительной оценки эффективности затрат и потенциальных результатов выполнения различных альтернативных программ.

В настоящее время методы оценки риска могут быть успешно применены для поддержки принятия решений. Например, Департамент по Охране окружающей среды может проанализировать потенциальное снижение риска для здоровья населения в результате выполнения программ снижения выбросов на предприятиях, в настоящее время нарушающих установленные лимиты. Госсанэпиднадзор может использовать оценку риска для оценки воздействия на здоровье населения отдельных химических веществ, превышающих ПДК в атмосферном воздухе жилых зон. Госсанэпиднадзор или Департамент по Охране окружающей среды могут анализировать новые программы по снижению риска, которые предполагается финансировать из местных Экологических фондов. В этом случае Госсанэпиднадзор или Департамент по Охране

окружающей среды могут выполнить такой анализ и представить их рекомендации управляющему комитету Экологического фонда, который примет решения с учетом этих рекомендаций и других социальных и политических факторов.

Российские научно-исследовательские институты могут выполнять социологические исследования по восприятию рисков российским населением и определять, сколько россияне согласны были бы заплатить за снижения рисков из-за загрязнения окружающей среды. Такие исследования необходимы, потому что восприятие рисков зависит от менталитета и культурных традиций населения и экстраполяция полученных в западных странах результатов на Россию не может дать надежных результатов.

Плата за загрязнение в настоящее время вычисляется исходя из стоимости продукции и дохода предприятия; очевидно, платы за загрязнения никак не связаны с социальной или экономической стоимостью вызванном загрязнением заболеваемости или преждевременной смертности. В некоторых случаях для подсчета количества случаев заболеваний, связанных с различными типами и концентрациями загрязняющих веществ, могут быть использованы как результаты оценки риска, так и результаты эпидемиологических исследований. При использовании методики экономической оценки подсчитанное количество случаев может быть переведено, хотя бы приблизительно, в денежные показатели и, таким образом, определена социальная стоимость загрязнения. Эту социальную стоимость следует использовать при подсчете платы за загрязнение и при подсчете прогрессивных штрафов за превышение установленных лимитов выбросов. Иногда предприятиям разрешается превышать ПДК в течение определенного периода времени; воздействие на здоровье населения (например, количество дополнительных случаев заболеваний в экспонированной популяции вследствие этого превышения ПДК) следует принимать во внимание, если это возможно, при принятии решения разрешить такое превышение ПДК и также при определении времени, на которое дается такое разрешение. Даже если по ожидаемому воздействию на здоровье (заболеваемости) нет достаточной информации для проведения экономической оценки, все же при определении штрафов и выплат или выдаче разрешений на превышение ПДК следует проводить хотя бы общую оценку степени воздействия на здоровье подверженного населения. Формальные процедуры проведения такого анализа при определении штрафов и выплат должны быть установлены на федеральном уровне (Департамент по Охране ОС и согласованных с ЦГСЭН), для чего вероятно потребуются соответствующие изменения в федеральном законодательстве или нормативных актах.

Оценка риска для здоровья населения и данные эколого-эпидемиологических исследований как основа рекомендации мер управления.

Общие положения теории и методологии оценки риска для здоровья населения требуют уточнения в конкретных условиях для использования ее в процессе Управления риском. На практике данные анализа оценки риска могут быть использованы, в первую очередь, в практике органов государственного санитарно-эпидемиологического надзора (ГСЭН) России и другими органами власти на федеральном, региональном и местном уровнях. Наиболее перспективно использование оценки риска в рамках важнейшей функции ГСЭН, которая называется социально-гигиеническим мониторингом (СГМ).

Взаимосвязь между оценкой риска и экологической эпидемиологией не заканчивается на этапе получения научных данных, но также имеет большое значение и на этапе выработки управленческих рекомендаций. Основу этих рекомендаций составляет анализ причинно-следственных связей между состоянием окружающей среды (как производственной, так и среды обитания) и здоровьем населения. Эти рекомендации не различаются принципиально в зависимости от того, получены ли они на основе оценки риска или эколого-эпидемиологического исследования (ЭЭИ).

При использовании в практике органами санэпидемслужбы данных оценки риска и ЭЭИ расширяется смысл самого понятия “УР”. Действия органов ГСЭН, при использовании этих данных, могут быть направлены не только на устранение причин риска здоровью, но и на такое совершенствование системы СГМ (и ГСЭН в целом), которое позволит поводить профилактические мероприятия по управлению причинами возникновения рисков.

Центр ГСЭН является не только органом, который обосновывает рекомендации по управлению риском (осуществляя собственные ЭЭИ и проекты оценки) и представляет эти рекомендации органам законодательной или исполнительной власти, но и непосредственно управляющим звеном государства, выполняющим соответствующие рекомендации на практике (например, в области гигиенического нормирования) или придающим им характер санитарных норм и правил, постановлений, предложений и т.п.

Управление риском и гигиеническое нормирование

Важной функцией управления риском со стороны системы ГСЭН является научное обоснование, установление и контроль за соблюдением нормируемых показателей загрязнения окружающей среды (ПДК, ОБУВ). Адаптация методологии US EPA к российским условиям, пересмотр американских рекомендаций в отношении “референтных” (то есть переносимых) доз позво-

ляет использовать на практике основные принципы управлению риском и соблюдать при этом действующие в России нормативы.

В отличие от единой системы гигиенических стандартов допустимого уровня загрязнения, показатели оценки риска определяются экспертом и зависят от его опыта, квалификации, имеющейся в его распоряжении информации, используемых математических моделей и т.д.

Слабостью российской (и не только российской) системы ПДК является то, что для одного и того же загрязнителя в разных компонентах окружающей среды эти гигиенические нормативы, как правило, обосновываются независимо друг от друга, разными исследователями, а иногда на базе не полностью совпадающих критериев безвредности. В этой ситуации методология оценки риска открывает новые возможности, например, определение переносимой (“референтной”) дозы для веществ, поступающих в организм человека через различные пути поступления при этом учитывая соотношение различных путей экспозиции к вредным веществам. Так, один из критериев – документ Международной Программы Химической Безопасности (WHO, UNEP, ILO) рассматривает решение этой задачи с учётом не только “сценариев экспозиции” человека, но и того, насколько надёжно и при каких путях экспериментальной экспозиции определена переносимая доза (ПД), насколько сходны эффекты, по которым она оценивалась при разных путях экспозиции. Приведём пример такого подхода.

Пример. Судя по оцененной экспозиции, 50% суммарной дозы человек получает с пищей, 20% – с водой и 30% – с воздухом. Имеющиеся данные анализа зависимости экспозиция-ответ могут быть использованы для обоснования как пероральной (ПДор), так и ингалируемой (ПДинг) переносимых доз, которые основаны на сходных эффектах и лежат в одном порядке величин. За основу расчёта может быть принята любая из них, но учитывая, что основным путём экспозиции человека является пероральный, принята ПДор. Таким образом, допустимые дозы, поступающие с пищей, водой и воздухом, соответственно, равны 0,5 ПДор, 0,2 ПДор и 0,3 ПДор. Эти дозы могут быть пересчитаны в соответствующие ПДК на базе принятых норм потребления воды, воздуха и пищевых продуктов (с учётом состава пищевого рациона).

Совершенствование функций ГСЭН.

Ранжирование рисков для здоровья населения на уровне области, города или района может быть использовано для выбора приоритетных мероприятий по сокращению или профилактике возникновения риска. В частности, при использовании ранжирования рисков может быть оценена необходимость разработки и выполнения целевых программ, направленных на защиту окру-

жающей среды и здоровья населения и на совершенствование социально-гигиенического мониторинга. Так, например, несколько проектов оценки риска и ЭЭИ, выполненных в городах Свердловской области, показали, что вредная техногенная экспозиция создаёт наибольшую опасность для его здоровья и развития детского населения. Это привело к созданию областной целевой программы “Разработка системы диагностики, лечения, профилактики заболеваний среди детей, проживающих на экологически неблагоприятных территориях”, подготовленной ЦПРП совместно с Министерством здравоохранения Свердловской области и утверждённой её Правительством. На основе оценки риска и специально проведенных ЭЭИ была доказана особая опасность загрязнения среды обитания свинцом (в особенности, в связи с размещением в области крупных предприятий медеплавильной промышленности и производства вторичного свинца и свинцовых сплавов) для здоровья детей и взрослых. В связи с этим Правительством Свердловской области была принята и реализуется специальная целевая программа мероприятий, направленных на снижение этих рисков.

Это только два примера работы по обоснованию подобных областных, а также местных (муниципальных) целевых программ, которые после их утверждения принимаются для проведения соответствующих мероприятий. Эта деятельность составляет одно из важнейших направлений управляющего звена социально-гигиенического мониторинга, осуществляемого санитарной службой Свердловской области, причём ЭЭИ и оценка риска не только дают базу для составления указанных программ, но и закладываются в эти программы для дальнейшего уточнения экологической ситуации и для оценки эффективности реализации программных мероприятий. Использование методологии оценки риска перспективно и в профилактическом санитарном надзоре. Необходимо стремиться к тому, чтобы каждый проект строительства или реконструкции промышленных предприятий и других объектов, создающих потенциальную опасность неблагоприятного влияния на окружающую среду, включал раздел оценки риска, проведенный компетентными организациями. Если такого раздела нет в представляемой проектной технической документации, то в соответствии с Постановлением Главного санитарного врача РФ и Главного государственного инспектора РФ по охране природы от 10.11.97., органы ЦГСЭН вправе требовать экологической и гигиенической экспертизы проекта “с использованием методологии оценки риска загрязнения окружающей среды здоровьем населения”.

Совершенствование мониторинга.

Повышение надёжности результатов оценки риска и дальнейшее исполь-

зование ее результатов в процессе Управления Риском связано, прежде всего, с совершенствованием мониторинга загрязнения окружающей среды. Оценка экспозиции может использовать данные моделирования загрязнения окружающей среды, но учитывая ориентировочный характер модельных расчетов, более надежно использовать фактические концентрации загрязнителей в воздухе, воде, почве и пище. Опыт конкретных проектов оценки риска и ЭЭИ показывает, однако, что существующая система мониторинга загрязнения окружающей среды располагает данными, которые, как правило, недостаточны для оценки доз токсических веществ, получаемых населением и, особенно, отдельными группами населения. В связи с этим необходимо дальнейшее развитие системы гигиенического мониторинга, которое позволит получать надежную информацию для более точной оценки вредной экспозиции разных групп населения. Наиболее перспективными могут быть следующие основные направления этого развития:

- Координация работы различных ведомств, осуществляющих экологический мониторинг, при координации решения вопросов определения приоритетных загрязнителей и размещения постов мониторинга, а также сквозного контроля качества отбора и анализа проб.

- Передача предприятиями, загрязняющими атмосферный воздух, части средств, выделяемых для осуществления мониторинга его загрязнения, центрам госсанэпиднадзора для проведения этими центрами специальных измерений с использованием собственных стационарных и, в особенности, маршрутных постов с максимальным приближением к жилищам, воспитательным учреждениям, рекреационным зонам и т.п. по планам, увязанным с задачами оценки риска.

- Освоение отечественной промышленностью производства средств мониторинга, что позволит значительно увеличить число точек мониторинга основных газовых загрязнителей как атмосферного воздуха, так и воздуха внутри помещений, а также проводить мониторинг тонких фракций пыли.

- Систематический контроль качества питьевой воды в пробах, отбираемых непосредственно в точках потребления его населением (за счёт собственников жилого фонда).

- Систематический мониторинг химического загрязнения пищевых продуктов отдельно по местам их происхождения (в том числе, огородной продукции, выращиваемой горожанами) на основе анализа структуры рационов питания не только по видам продуктов, но и по происхождению их, причём не только для организованных групп населения, но и для домашнего питания (анкетирование).

- Увеличение числа анализов химического загрязнения почвы в местах массового пребывания людей (в особенности, детей) – в первую очередь, на игровых площадках ДДУ, школ, стадионов, рекреационных зон, а также в зонах, используемых для сельскохозяйственного производства или индивидуального садоводства.

- Объединение всех информационных потоков, относящихся к системе мониторинга загрязнения среды обитания, в единой базе данных, доступной для санкционированного использования различным заинтересованным учреждениям и ведомствам.

Для повышения надёжности ЭЭИ и, в частности тех ЭЭИ, которые служат для проверки прогнозов, основанных на методологии оценки риска, необходимо совершенствовать мониторинг не только состояния среды обитания, но и здоровья населения. Важнейшим направлением является ведение специальных регистров тех заболеваний, которые в данном регионе или городе могут служить индикаторами вредного влияния на здоровье населения в целом – онкологических заболеваний, врождённых пороков развития, болезней почек и т.п.

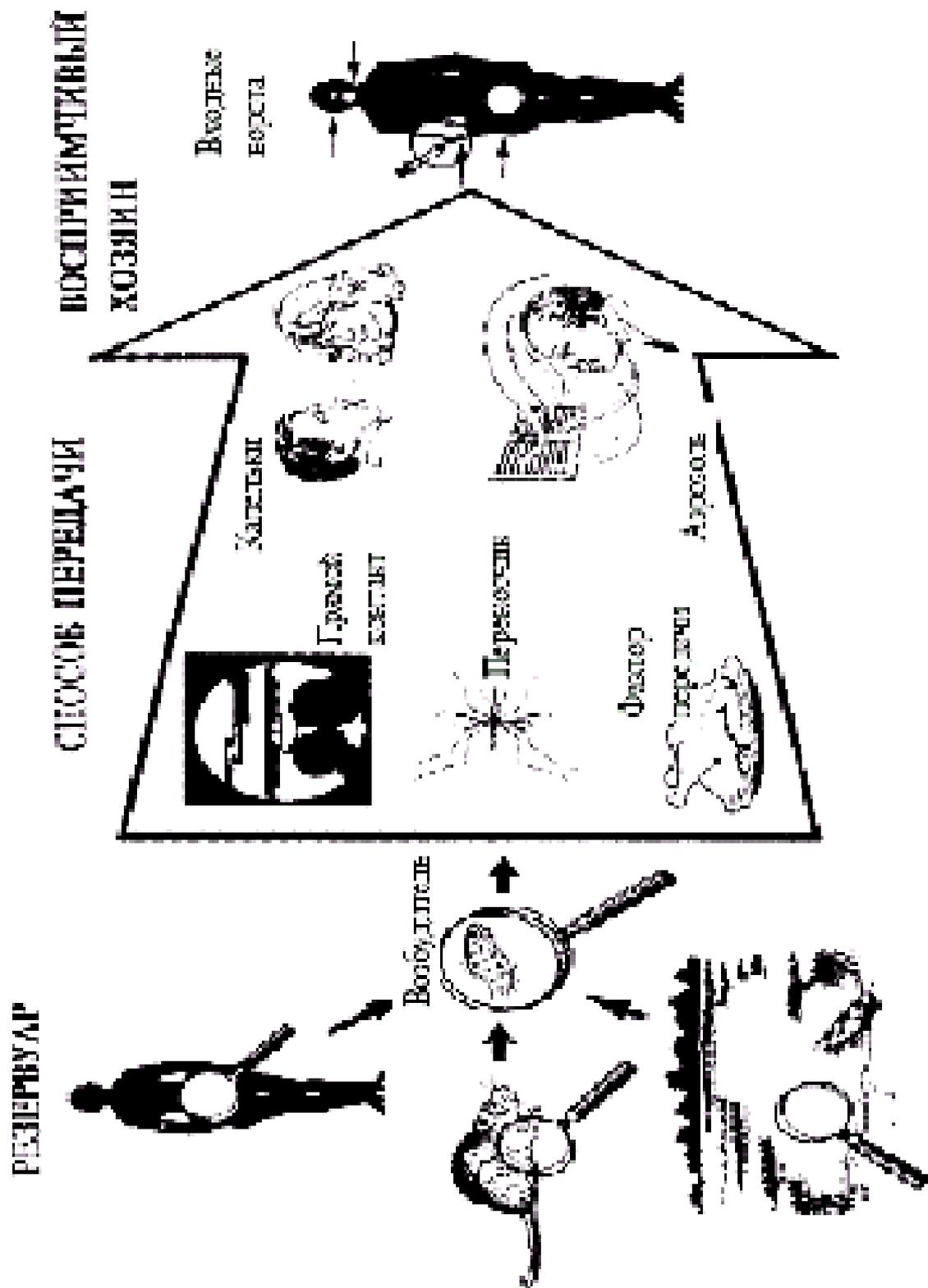
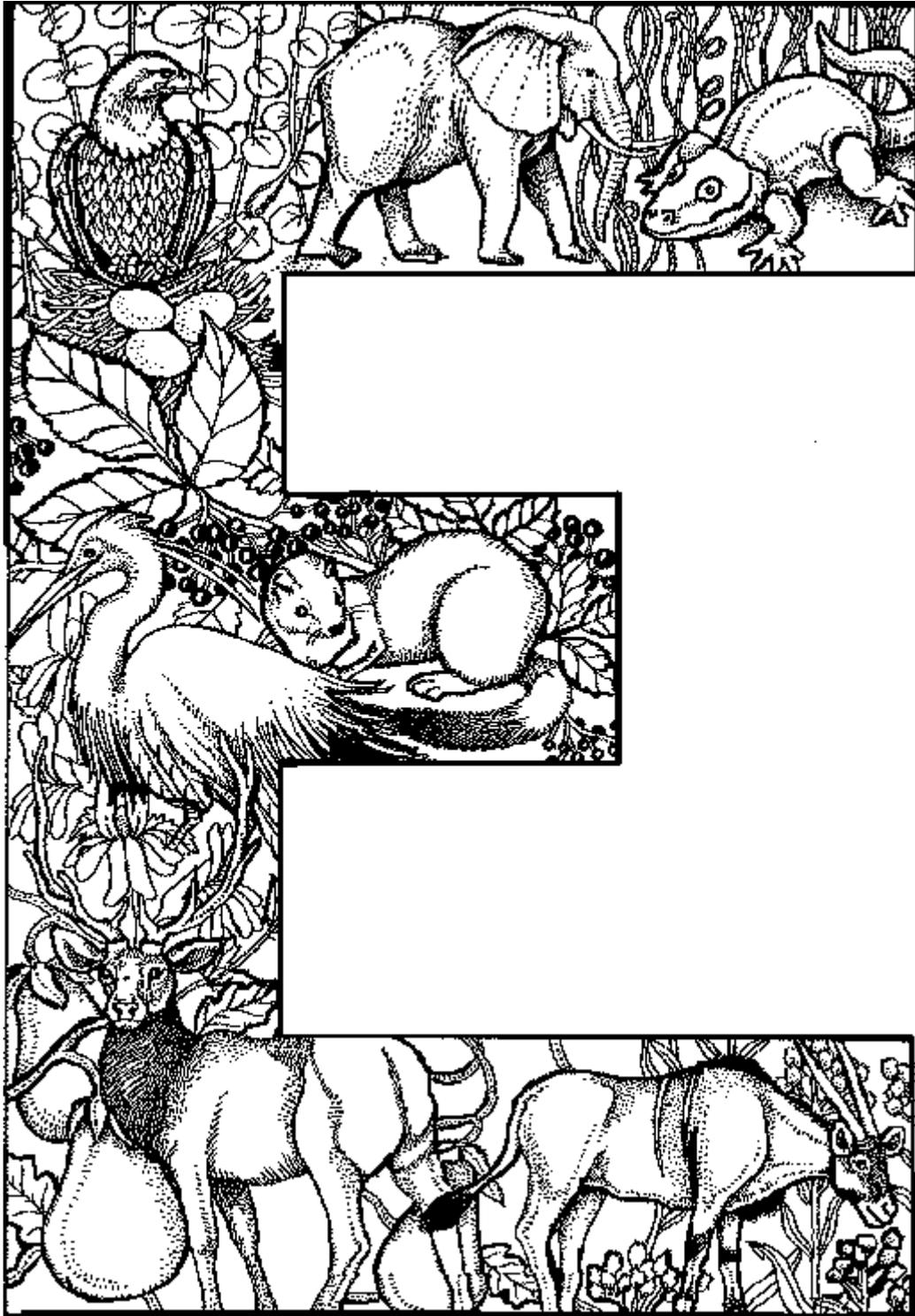


Рис. 5. Последовательность заражения патогенными микроорганизмами.

КОНТРОЛЬ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА УЧЕБНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

1. История формирования и предмет исследований экологической эпидемиологии. Становление санитарной эпидемиологии.
2. Актуальность проблемы медико-экологической безопасности, особенности системы «здоровье человека - окружающая среда».
3. Место и роль экологической эпидемиологии в системе других наук о здоровье человека и окружающей среде. Понятие эпидемии и пандемии. Меры борьбы с эпидемиями.
4. Основные понятия: здоровье и окружающая среда; экспозиция и эффекты; опасность и риск; эпидемиологические методы исследования; медико-экологический скрининг и мониторинг. Биомониторинг.
5. Эпидемиологические гипотезы; критерии причинности и показатели риска. Управление риском.
6. Инфекционные заболевания. Пути передачи инфекционных заболеваний. Организмы переносчики возбудителей заболеваний. Очаг инфекционного заболевания.
7. Экологические заболевания. Методы оценки воздействия загрязнения окружающей среды на здоровье населения.
8. Основные химические вещества, влияющие на здоровье человека. Тяжелые металлы и стойкие органические загрязнители.
9. Популяционные эффекты и индивидуальный риск; возможности и ограничения эпидемиологических исследований.
10. Основные приемы и методы исследования в экологической эпидемиологии.
11. Анализ эпидемиологических показателей и построение причинно-следственных моделей.
12. Медико-статистическое и информационное обеспечение исследований.
13. «Ориентированный на болезнь подход».
14. «Молекулярная эпидемиология» и «интегрированный эпидемиолого-токсикологический подход».
15. «Медико-экологическое районирование».
16. «Медико-демографические подходы».
17. «Концепция индивидуального риска в экологической и промышленной токсикологии».

18. Научно-практические основы обеспечения медико-экологической безопасности.
19. История развития и медико-экологические аспекты «диоксиновой проблемы».
20. Токсикологические и медико-биологические основы неадекватности традиционных подходов к оценке риска от воздействия «диоксинов» и других токсикантов.
21. Принципы и методы комплексной оценки фактической опасности от воздействия «диоксинов» и других токсикантов в реальных ситуациях экспозиции населения.
22. Международные и национальные программы в области экологической эпидемиологии.



Литература

1. Ревич Б.А. Экологическая эпидемиология: Учебник для высш. учеб. заведений / Б.А. Ревич, С.Л. Авалиани, Г.И. Тихонова; Под ред. Б.А. Ревича. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 384с.
2. Экологическая эпидемиология: принципы, методы, применение / Л.И. Привалова, Б.А. Кацнельсон, С.В. Кузьмин и др. – Екатеринбург: Мед. научн. Центр охраны здоровья рабочих пром. предприятий, 2003. – 277с.
3. Эпидемиология инфекционных заболеваний / Под ред. А.М. Вихерта, А.В. Чаплина. – М.: Медицина, 1990. – 272с.
4. Флетчер Р., Флетчер С., Вагнер Э. Клиническая эпидемиология // Основы доказательной медицины. – М.: Медиа сфера, 1998. – С.345.
5. Авалиани С.А. Региональная экологическая политика. Мониторинг здоровья человека и здоровья среды / С.А. Авалиани, Б.А. Ревич, В.М. Захаров. – М.: Центр экологической политики России, 2001. – 76с.
6. Большаков А.М. Оценка и управление рисками влияния окружающей среды на здоровье населения / А.М. Большаков, В.Н. Крутько, Е.В. Пуцилло. – М.: Эдиториал УРСС, 1999. – 254с.
7. Буштуева К.А. Методы и критерии оценки состояния здоровья населения в связи с загрязнением окружающей среды / К.А. Буштуева, И.С. Случанко. – М.: Медицина, 1979. – 160с.
8. Оценка риска как инструмент социально-гигиенического мониторинга / Б.А. Кацнельсон, Л.И. Привалова, С.В. Кузьмин и др. – Екатеринбург: Изд-во АМБ, 2001. – 244с.
9. Окружающая среда / С.Л. Авалиани, М.М. Андрианова, Е.В. Печенникова, О.В. Пономарева // Оценка риска здоровья (мировой опыт). – М.: Консультационный центр по оценке риска, 1996. – С.159.
10. Алексеев С.В. Экология человека / С.В. Алексеев, Ю.П. Пивоваров, О.И. Янушанец. – М.: Икар, 2000. – 770с.
11. Беляков В.Д. Эпидемиология: Учебник / В.Д. Беляков, Р.Х. Яфаев. – М.: Медицина, 1989.
12. Булдаков Л.А. Радиоактивные вещества и человек / Л.А. Булдаков. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 160с.
13. Гигиена: Учебник / Под ред. Г.И. Румянцева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ГЕОТАР-МЕД, 2002. – 608с.

14. Гланц С. Медико-биологическая статистика / Под ред. Н.Е. Бузикашвили, Д.В. Самойлова. – М.: Практика, 1999. – 530с.
15. Электромагнитные поля и здоровье человека / Под ред. Ю.Г. Григорьева. – М.: Изд-во Рос. Унта дружбы народов, 2002. – 180с.
16. Общая токсикология / Под ред. Б.А. Курляндского, В.А. Филова. – М.: Медицина, 2002. – 608с.
17. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Под ред. Ю.А. Рахманина, Г.Г. Онищенко. – М.: НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды, 2002. – 408с.
18. Радиация. Доза, эффекты, риск: Пер. с англ. – М.: Мир, 1980. – 79с.
19. Худолей В.В. Канцерогены: характеристика, закономерности, механизмы действия. – СПб.: НИИ химии СПбГУ, 1999. – 419с.
20. Экология и здоровье детей / Под ред. М.Я. Студеникина, А.А. Ефимовой. – М.: Медицина, 1998. – 384с.