

Э. А. Шуралев, М. Н. Мукминов

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭПИДЕМИОЛОГИЯ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ ВУЗОВ

*Рекомендовано Учебно-методическим отделом высшего образования
в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по естественнонаучным направлениям*



Курс с практическими заданиями и дополнительными материалами
доступен на образовательной платформе «Юрайт»,
а также в мобильном приложении «Юрайт.Библиотека»

Москва • Юрайт • 2024

УДК 504.75(075.8)
ББК 20.1я75
Ш95

Авторы:

Шуралев Эдуард Аркадьевич — доцент, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры прикладной экологии Института экологии и природопользования Казанского (Приволжского) федерального университета;

Мукминов Малик Нилович — профессор, доктор биологических наук, профессор кафедры прикладной экологии Института экологии и природопользования Казанского (Приволжского) федерального университета.

Рецензенты:

Рахимов И. И. — профессор, доктор биологических наук, заведующий кафедрой биоэкологии, гигиены и общественного здоровья Института фундаментальной медицины и биологии Казанского (Приволжского) федерального университета;

Фардеева М. Б. — доцент, доктор биологических наук, профессор кафедры общей экологии Института экологии и природопользования Казанского (Приволжского) федерального университета.

Шуралев, Э. А.

Ш95

Экологическая эпидемиология: учебное пособие для вузов / Э. А. Шуралев, М. Н. Мукминов. — Москва: Издательство Юрайт, 2024. — 180 с. — (Высшее образование). — Текст: непосредственный.

ISBN 978-5-534-15036-0

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 связей; обеспечивает медицинское обследование и наблюдение неблагоприятных для здоровья последствий, а также научно обосновывает уровни воздействия таких загрязнителей.

Данный курс разработан в качестве дополнительного материала, в котором представлены основные вопросы, по которым готовятся студенты для получения знаний, умений и навыков в области экологической безопасности и управления в сфере охраны окружающей среды и здоровья населения.

Курс адресован студентам высших учебных заведений, обучающимся по направлению «Экология и природопользование», а также студентам медицинских и биомедицинских направлений, заинтересованным в повышении компетенций в области экологической эпидемиологии.

УДК 504.75(075.8)

ББК 20.1я75

Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав.

ISBN 978-5-534-15036-0

© Шуралев Э. А., Мукминов М. Н., 2022
© ООО «Издательство Юрайт», 2024

Оглавление

Предисловие	7
Тема 1. Основные показатели в экологической эпидемиологии	9
1.1. Показатели заболеваемости и смертности.....	9
1.2. Показатели состояния здоровья населения.....	11
Тема 2. Анализ данных эколого-эпидемиологических исследований	17
2.1. Анализ данных исследования «случай — контроль».....	17
2.2. Подходы к анализу данных когортного исследования.....	17
2.3. Анализ влияния мешающего фактора.....	18
Тема 3. Оценка риска	22
3.1. Характеристика риска.....	22
3.2. Этапы оценки риска	25
Тема 4. Глобальные вопросы экологической эпидемиологии	29
4.1. Ведущие причины смерти в мире	29
4.2. Воздействие физических и климатических факторов на здоровье населения.....	32
4.2.1. Ионизирующее излучение, последствия для здоровья и защитные меры.....	32
4.2.2. Радон и его воздействие на здоровье человека	36
4.2.3. Асбест: заболеваемость, связанная с асбестом.....	41
4.2.4. Электромагнитные поля и общественное здравоохранение: мобильные телефоны	44
4.2.5. Дорожно-транспортные травмы.....	48
4.2.6. Изменение климата и здоровье.....	54
4.3. Воздействие химических факторов на здоровье населения ...	57
4.3.1. Мышьяк	57
4.3.2. Отравление свинцом и здоровье	64
4.3.3. Ртуть и здоровье.....	69
4.3.4. Диоксины и их воздействие на здоровье людей	74
4.3.5. Остатки пестицидов в продуктах питания.....	81

4.4. Воздействие биологических факторов на здоровье населения	86
4.4.1. Зоонозы	86
4.4.2. Трансмиссивные болезни	88
4.4.3. Гельминтные инфекции, передающиеся через почву....	92
4.4.4. Природные токсины в продуктах питания.....	96
4.4.5. Микотоксины	102
4.4.6. Устойчивость к антибиотикам	108
4.4.7. Устойчивость к противомикробным препаратам.....	113
4.5. Загрязнение атмосферного воздуха и здоровье населения...	123
4.5.1. Качество атмосферного воздуха и здоровье	123
4.5.2. Загрязнение воздуха внутри жилых помещений и его влияние на здоровье	133
4.5.3. Астма	139
4.5.4. Хроническая обструктивная болезнь легких	143
4.6. Воздействие социальных и комплексных факторов на здоровье населения.....	145
4.6.1. Неинфекционные заболевания	145
4.6.2. Питьевая вода	149
4.6.3. Охрана здоровья на рабочем месте.....	154
4.6.4. Медицинские отходы	159
4.6.5. Новые угрозы для здоровья детей	166

Тема 5. Темы семинарских занятий..... 171

5.1. Введение в курс. Экологическая эпидемиология и эпидемиология	171
Семинар 1. Основные направления эпидемиологии и экологической эпидемиологии. Гигиеническое нормирование.....	171
5.2. Методы экологической эпидемиологии	171
Семинар 2. Основные методы экологической эпидемиологии	171
Семинар 3. Основные методы экологической эпидемиологии (продолжение)	172
5.3. Понятия риск для здоровья и экологический риск	172
Семинар 4. Оценка риска и управление риском в экологической эпидемиологии	172
5.4. Оценка воздействия загрязнения окружающей среды на здоровье населения.....	173
Семинар 5. Оценка качества атмосферного воздуха и воздуха помещений и их влияние на здоровье населения	173

Семинар 6. Оценка качества воды, почвы и продуктов питания и их влияние на здоровье населения	173
Семинар 7. Экологическая эпидемиология инфекционной заболеваемости населения	173
Семинар 8. Химические вещества и их влияние на здоровье населения.....	174
Семинар 9. Химические вещества и их влияние на здоровье населения (продолжение)	174
Семинар 10. Физические и климатические факторы окружающей среды и их влияние на здоровье населения	175
Семинар 11. Экологическая эпидемиология злокачественных новообразований	175
Семинар 12. Экологическая эпидемиология репродуктивного здоровья	175
Семинар 13. Экологическая эпидемиология здоровья детского населения.....	176
5.5. Мероприятия по охране окружающей среды и здоровья населения.....	176
Семинар 14. Мероприятия по охране окружающей среды и здоровья населения.....	176
5.6. Экологически обусловленные заболевания	176
Семинар 15. Экологическая обусловленность территориально приуроченных заболеваний	176
Семинар 16. Экологическая обусловленность социальных заболеваний	177
Семинар 17. Экологическая обусловленность профессиональных заболеваний и заболеваний, связанных с антропогенным воздействием на окружающую среду	177
Семинар 18. Экологическая обусловленность инфекционных заболеваний	177
Семинар 19. Экологическая обусловленность инфекционных заболеваний (продолжение)	178
Литература.....	179

Предисловие

Экологическая эпидемиология — это отрасль общественно-го здоровья, изучающая экологические условия и опасности, представляющие риск для здоровья человека. Экологическая эпидемиология выявляет и измеряет воздействие экологических загрязнителей, проводит оценки рисков и связей, обеспечивает медицинское обследование и наблюдение неблагоприятных для здоровья последствий, а также научно обосновывает уровни воздействия таких загрязнителей. Термин «экологическая эпидемиология» (англ. *environmental epidemiology*) 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. Предмет исследований экологической эпидемиологии — массовые экологически обусловленные болезни среди населения.

Данный курс составлен в качестве дополнительного учебного материала, необходимого при освоении дисциплины «Экологическая эпидемиология», с акцентом на глобальные вопросы экологической эпидемиологии. Изучив его, студент должен:

знать

- глобальные проблемы негативных воздействий хозяйственной деятельности на окружающую среду и здоровье населения;
- теоретические основы оценки воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду и здоровье населения, рисков для природной среды и здоровья населения, а также принципы профилактических мероприятий по защите здоровья населения от негативных воздействий хозяйственной деятельности;

уметь

- осуществлять разработку профилактических мероприятий по защите здоровья населения от глобальных негативных воздействий хозяйственной деятельности;

владеть

- методами оценки воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду и здоровье населения, методами оценки рисков для природной среды и здоровья населения.

Цель курса — расширить знания обучающихся в области экологической эпидемиологии применительно к глобальным проблемам негативных воздействий хозяйственной деятельности на окружающую среду и здоровье населения; дополнить умения обучающихся осуществлять разработку профилактических мероприятий по защите здоровья населения от глобальных негативных воздействий хозяйственной деятельности; усилить владение навыками оценки воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду и здоровье населения и связанных с ними рисков.

Тема 1

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ В ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭПИДЕМИОЛОГИИ

1.1. Показатели заболеваемости и смертности

Здоровье — это состояние полного физического и социального благополучия, а не только отсутствие болезней и физических дефектов. Разработать положительные показатели, характеризующие состояние здоровья, достаточно трудно, так как большинство из них — косвенные. Но изучая частоту и распределение болезней, а также их последствия (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. Цель изучения — определение вероятности наступления смерти в данной популяции за определенный период времени. Отсюда естественным показателем является выражение смертности, характеризующее число умерших, приходящееся 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 K). 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, повозрастной 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 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:

Число случаев заболевания, впервые зарегистрированных за определенный период времени / Численность населения, подверженного риску \times К.

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

Случаи болезни или число больных / Число лиц, подверженных риску заболевания \times К.

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.

1.2. Показатели состояния здоровья населения

Относительные показатели. Наиболее часто используемым показателем эффекта является относительный риск (ОР; англ. *relative risk*).

ОР = Заболеваемость лиц, подверженных фактору / Заболеваемость лиц, неподверженных фактору.

ОР используется обычно в когортных исследованиях. В исследованиях типа «случай — контроль» мерой эффекта служит отношение шансов (*odds ratio*), которое обычно по величине очень близко к ОР. 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 96/1 000 000 в год в 1950 г. и 31/1 000 000 — в 1980 г. Эта причина смерти в 3 раза чаще встречалась в 1950 г. по сравнению с 1980 г. Отношение показателей в 1950 г. / в 1980 г. 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 1.1

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

Статус	Число чел. лет под риском	Число случаев	Показатель на 1000 чел. лет
Постменопауза	6848	26	3,8
Предменопауза	8384	6	0,7

Следуя таблице и 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: 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 (табл. 1.2).

Таблица 1.2

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, или атрибутивным, риском (АР), среди экспонированных — это абсолютная разница между показателями заболеваемости лиц, подверженных изучаемому фактору, и лиц, не подверженных его действию:

$$AP = p_1 - p_0.$$

Например, если показатель распространенности ВИЧ-инфекции среди детей, 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, что 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, известно, что повторные рентгенологические обследования беременных женщин приводят к повышению ри-

ска лейкемий у детей, но 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 установленная причинная связь между заболеванием и фактором риска учитывает силу связи, т. е. ОР, и распределение 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 (ПДФ)*.

ПАР — это 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.

$$\text{ПАР} = p - p_0,$$

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:

$$\text{ПАР} = ч (p - p_0).$$

Популяционная атрибутивная фракция (ПДФ), или этиологическая фракция, — доля всех случаев заболевания в изучаемой популяции (экспонированных и неэкспонированных), от-

несенных за счет воздействия фактора риска при допущении наличия причинной связи:

$$\text{ПАФ} = \text{ПАР} / p,$$

или

$$\text{ПАФ} = (p - p_0) / p.$$

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

$$\text{ПАФ} = \text{ч} (\text{ОР} - 1) / \{\text{ч} (\text{ОР} - 1) + 1\}.$$

Воздействие на здоровье населения — потоки вещества, энергии или информации, приводящие к изменениям в состоянии здоровья населения. Один из способов оценки предполагаемого воздействия на здоровье населения — это регрессионный анализ:

$$dZ_i = b_i \times PL_i \times dA_i,$$

где dZ_i — изменение риска воздействия на здоровье i ; b_i — значение коэффициента регрессии для вида воздействия i ; PL_i — когорта населения, в отношении которой существует риск воздействия на здоровье i ; dA_i — изменение концентрации i -го загрязняющего вещества.

Тема 2

АНАЛИЗ ДАННЫХ ЭКОЛОГО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. 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.

Таблица 2.1

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 = $(a \times d) / (b \times c)$.

2.2. Подходы к анализу данных когортного исследования

Метод анализа данных когортного исследования зависит от плана и организации исследования.

Подход первый: сопоставление показателей заболеваемости (смертности) в когорте с показателями в контрольной когорте или общем населении путем расчета стандартизованного отно-

шения заболеваемости (СОЗ) или стандартизованного отношения смертности (СОС):

$$\text{СОЗ} = \frac{\text{Наблюдаемое число заболеваний}}{\text{Ожидаемое число заболеваний}} = \text{Н} / \text{О};$$

$$\text{СОС} = \frac{\text{Наблюдаемое число смертей}}{\text{Ожидаемое число смертей}} = \text{Н} / \text{О}.$$

Ожидаемое количество 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;

СОЗ (СОС) > 100 — показатели в когорте выше, чем показатели в общем населении.

Подход второй: сопоставление риска заболеть (показателя заболеваемости) экспонированных и неэкспонированных членов когорты:

Риск = $\frac{\text{Наблюдаемое число случаев}}{\text{Численность когорты под риском на начало исследования}}$.

Показатель заболеваемости = $\frac{\text{Наблюдаемое число случаев}}{\text{Число человеко-лет под риском}}$.

Относительный риск (отношение рисков) = $\frac{\text{Риск (показатель) среди экспонированных}}{\text{Риск (показатель) среди неэкспонированных}}$.

2.3. Анализ влияния мешающего фактора

Мешающий фактор — это фактор, связанный как с экспозицией, так и с заболеванием. Основные мешающие факторы: возраст, пол, социальный класс, профессия, курение.