

В. П. Иванов, Н. В. Иванова

МЕДИЦИНСКАЯ ЭКОЛОГИЯ



Санкт-Петербург
СпецЛит

**Наталья Васильевна Иванова
Алексей Валерьевич Полоников
Владимир Петрович Иванов
Медицинская экология**

Текст предоставлен правообладателем

http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=10242608

*Медицинская экология : учебник для медицинских вузов / под общ. ред. В. П. Иванова: СпецЛит;
Санкт-Петербург; 2012
ISBN 978-5-299-00470-0*

Аннотация

В учебнике освещена современная концепция и теоретико-методологические основы медицинской экологии – важнейшего быстро развивающегося раздела экологии человека. Приводится медико-экологическая характеристика атмосферы, гидросферы, литосферы. Дается классификация основных экологических факторов риска окружающей среды. Рассматриваются основные медико-экологические проблемы взаимодействия человека с многофакторной средой его обитания, закономерности ответной реакции организма на внешние средовые воздействия.

Учебник предназначен для студентов медицинских вузов.

Содержание

Условные сокращения	5
Введение	8
Глава 1	10
1.1. Человек – биосистема. Теория функциональных систем П. К. Анохина. Понятие об адаптации	10
1.2. Стресс, пределы и способность экосистем к самовосстановлению	21
1.3. Понятие биоритмов. Биоритмологические аспекты адаптации человека	26
1.4. Классификация факторов риска окружающей среды для здоровья населения	36
1.5. Атмосферные факторы и их влияние на организм человека	42
1.6. Космические факторы и их влияние на организм	48
1.7. Вода как фактор внешней среды и ее влияние на организм человека	53
Конец ознакомительного фрагмента.	59

**Владимир Петрович Иванов,
Наталья Васильевна Иванова,
Алексей Валерьевич Полоников
Медицинская экология**

© ООО «Издательство „СпецЛит“», 2011

* * *

Условные сокращения

АД – артериальное давление
АИ – аэроионы
АКТГ – адренокортикотропный гормон
АПФ – ангиотензинпревращающий фермент
АТФ – аденозинтрифосфорная кислота (аденозинтрифосфат)
АЭС – атомная электростанция
АЭУ – атомная энергетическая установка
БА – бронхиальная астма
БОД – болезнь органов дыхания
БОК – безопасное остаточное количество
БП – бенз(а)пирен
БСК – болезнь системы кровообращения
Бэр – биологический эквивалент рада
ВВЭР – водо-водяной энергетический реактор
ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения
ВПР – врожденный порок развития
ВЧ – высокая частота
ГАМК – γ -аминомасляная кислота
ГБ – гипертоническая болезнь
ГСМОС – глобальная система мониторинга окружающей среды
ДБХП – дибромохлоропропан
ДДТ – дихлор-дифенил-трихлорэтан
ДИ – доверительный интервал
ДЛ₅₀ – полулетальная (средняя смертельная) доза токсического вещества
ДНК – дезоксирибонуклеиновая кислота
ДСД – допустимая суточная доза
ДСП – допустимое суточное поступление
ДТП – дорожно-транспортное происшествие
Е – эффективная доза
ЕРФ – естественный (природный) радиационный фон
ЖКТ – желудочно-кишечный тракт
ИБС – ишемическая болезнь сердца
ИИ – ионизирующее излучение
ИК – инфракрасный
ИРФ – искусственный радиационный фон
ЛГ – лютеинизирующий гормон
МАИР – Международное агентство по изучению рака
МВПР – множественные врожденные пороки развития
МДН – максимально допустимая нагрузка
МКРЕ – Международная комиссия по радиационным единицам
МКРЗ – Международный комитет по радиационной защите
МНД – максимальная недействующая доза
МОТ – Международная организация труда
Н – эквивалентная доза
НРБ-99 – Нормы радиационной безопасности 1999 г.

ОБУВ – ориентировочный безопасный уровень воздействия
ОКС – оксикортикостероиды
ООН – Организация Объединенных Наций
ОП – отходы производства
ОРВИ – острая респираторная вирусная инфекция
ОРЗ – острое респираторное заболевание
ПАА – полиакриламид
ПАУ – полиароматические углеводороды
ПД – предел дозы
ПДВ – предельно допустимый выброс
ПДД – предельно допустимая доза
ПДК – предельно допустимая концентрация
ПДС – предельно допустимый сброс
ПДУ – предельно допустимый уровень
ПНЖК – полиненасыщенные жирные кислоты
ПХБ – полихлорированные бифенилы
РНК – рибонуклеиновая кислота
РНЦ – Российский научный центр
РФ – радиационный фон
СА – спонтанный аборт
СВЧ – сверхвысокая частота
СИ – системная единица
СОЗ – стойкие органические загрязнители
СОЭ – скорость оседания эритроцитов
СТГ – соматотропный гормон
СХЯ – супрагипоталамические ядра гипоталамуса
Т₃ – трийодтиронин
Т₄ – тироксин
Т₆ – период полувыведения
ТБО – твердые бытовые отходы
ТИЕРФ – технологически измененный естественный радиационный фон
ТТГ – тиреотропный гормон
Т_ф – период полураспада изотопа
ТЭС – теплоэлектростанция
Т_{эфф} – эффективный период
УФ – ультрафиолет
УФО – ультрафиолетовое облучение
ХСН – хроническая сердечная недостаточность
ЦНС – центральная нервная система
ЧАЭС – Чернобыльская атомная электростанция
чел. – Зв – человеко-Зиверт
ЧХВ – чужеродные химические вещества
ЭПС – эндоплазматическая сеть
ЭЭГ – электроэнцефалограмма
ЮНЕП – Программа ООН по окружающей среде
ЮНЕСКО – Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры
CAS – Служба химической информации США
D – поглощенная доза

DL₅₀ – см. ДЛ₅₀

pH – водородный показатель

Sr – стронций

t – температура

U – уран

U_F – фактор неопределенности

X – экспозиционная доза

Введение

Элементы медицинской экологии и экологической медицины достаточно долго развивались в рамках различных дисциплин. И только на конференции в Кливленде (США) в 1986 г. экологическая медицина была провозглашена самостоятельной научной дисциплиной.

Медицинская экология – наука, изучающая характер взаимодействия человека и окружающей среды, устанавливающая причинно-следственные связи между качеством среды и состоянием здоровья, разрабатывающая методы диагностики и профилактики неблагоприятного влияния факторов окружающей среды на человека.

Целью изучения медицинской экологии является выработка у врачей умений осуществлять индивидуальную и популяционную профилактику экологически обусловленных заболеваний и патологических состояний.

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- формирование у студентов современных представлений о системности взаимоотношений в биосфере и обществе;
- понимание причинно-следственных связей между качеством среды обитания человека и состоянием его здоровья, роль первичной медицинской профилактики в здравоохранении.

Пособие разработано в соответствии с требованиями действующего Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по врачебным специальностям и учебной программы преподавания дисциплины «Медицинская экология», и состоит из трех разделов: «Медико-биологические аспекты медицинской экологии», «Влияние на организм человека неблагоприятных экологических факторов» и «Методические рекомендации для студентов по курсу медицинской экологии».

В первом разделе рассматриваются вопросы экологического риска для здоровья человека, связанные с качеством окружающей среды. На современном уровне представлены механизмы адаптивных реакций человека, вопросы влияния ритмических изменений геофизических факторов внешней среды на организм человека, а также технологические и экологические формы воздействия человека на биосферу, вопросы комплексной медико-экологической оценки конкретных территорий, освещается влияние радиации на организм человека на клеточном, субклеточном и организменном уровнях, рассматриваются основные источники радионуклидного загрязнения окружающей среды и основные понятия экспертизы безопасности человека.

Второй раздел посвящен влиянию антропогенных загрязнителей атмосферы, гидросферы, литосферы на формирование соматопатологии человека, показана роль различных экологических факторов риска в развитии патологии человека, роль погодноклиматических изменений в возникновении и характере течения заболеваний, хроно-биологические аспекты в клинике, особенности течения заболеваний внутренних органов. Рассматривается профессиональная деятельность как один из экологических факторов, определяющий здоровье человека, особенности воздействия лечебных факторов в курортных зонах, а также интегральной роли фактора питания в условиях экологического неблагополучия и проблемам алиментарной адаптации.

Третий раздел включает всю необходимую информацию по подготовке студентов к занятиям.

Для достижения поставленных целей и задач учебное пособие включает не только информационный материал по отдельным разделам, но и вопросы для самостоятельной подготовки студентов к занятиям, контрольные вопросы, тестовые задания. Для более эффек-

тивной оценки усвоения прочитанного текста в конце пособия приведены основные термины и понятия.

Глава 1

Медико-биологические аспекты медицинской экологии

1.1. Человек – биосистема. Теория функциональных систем П. К. Анохина. Понятие об адаптации

...организм без внешней среды, поддерживающей его существование, невозможен.
И. М. Сеченов

Условием развития живых организмов является их взаимодействие с окружающей средой. Открытые системы рассматриваются как системы, которые могут обмениваться с окружающими телами энергией, веществом и информацией. Открытая система всегда динамическая: в ней непрерывно происходят изменения, и, естественно, она сама подвержена изменениям. Благодаря сложности данных систем в них возможны процессы самоорганизации, которые служат началом возникновения качественно новых и более сложных структур в ее развитии.

Онтогенез человеческого организма есть непрекращающийся процесс постоянного движения, направленный на поддержание количественно-качественных особенностей в организме человека. Причем для дальнейшего самообновления и поддержания динамического равновесия организма нужны дополнительные вещества, энергия и информация, получить которые он может лишь при взаимодействии с внешней средой. Исследуя организм как открытую систему, необходимо целостное его рассмотрение, установление взаимодействия составных частей или элементов в совокупности.

В медицине исторически под влиянием естественных наук, а главное – анатомических исследований, несмотря на провозглашенный (начиная с основополагающих работ С. Г. Зыбелина, М. Я. Мудрова, Е. О. Мухина, И. М. Сеченова, И. П. Павлова и др.) принцип целостности организма, сложилось органное мышление.

Любой современный учебник по важнейшим фундаментальным дисциплинам, таким, например, как анатомия, физиология, гистология и другие, строится по органному принципу. Органная патология – это болезни сердца, легких, печени, желудочно-кишечного тракта, почек, мозга и т. д. Врачи разделились по органным специальностям. Патогенез, диагностика и лечение непосредственно связываются с функцией конкретных органов, и профессиональный взгляд врача, как правило, в основном направлен в сторону больных органов (Судаков К. В., 1999).

П. К. Анохин сформулировал новый подход к пониманию функций целого организма. Взамен классической физиологии органов, традиционно следующей анатомическим принципам, теория функциональных систем провозглашает системную организацию функций человека от молекулярного вплоть до социального уровня.

Функциональные системы (по: Анохин П. К.) – самоорганизующиеся и саморегулирующиеся динамические центрально-периферические организации, объединенные нервными и гуморальными регуляциями, все составные компоненты которых содействуют обеспечению различных полезных для самих функциональных систем и для организма в целом адаптивных результатов, удовлетворяющих его потребности.

Теория функциональных систем, таким образом, радикально изменяет сложившиеся представления о строении организма человека и его функциях. Взамен представлений о человеке как наборе органов, связанных нервной и гуморальной регуляцией, данная теория рассматривает организм человека как совокупность множества взаимодействующих функциональных систем различного уровня организации, каждая из которых, избирательно объединяя различные органы и ткани, так же как и предметы окружающей действительности, обеспечивает достижение полезных для организма приспособительных результатов, обуславливающих в конечном счете устойчивость метаболических процессов.

С этих же позиций адаптация человека определяется как способность его функциональных систем обеспечивать достижение значимых результатов.

Анализ механизмов саморегуляции жизненно важных констант организма (кровяное давление, напряжение углекислого газа и кислорода в артериальной крови, температура внутренней среды, осмотическое давление плазмы крови, стабилизация центра тяжести в площади опоры и т. д.) показывает, что аппаратом саморегуляции выступает функциональная).

«Все функциональные системы, независимо от уровня своей организации и от количества составляющих их компонентов, имеют принципиально одну и ту же функциональную архитектуру, в которой результат является доминирующим фактором, стабилизирующим организацию систем» (Анохин П. К., 1971).

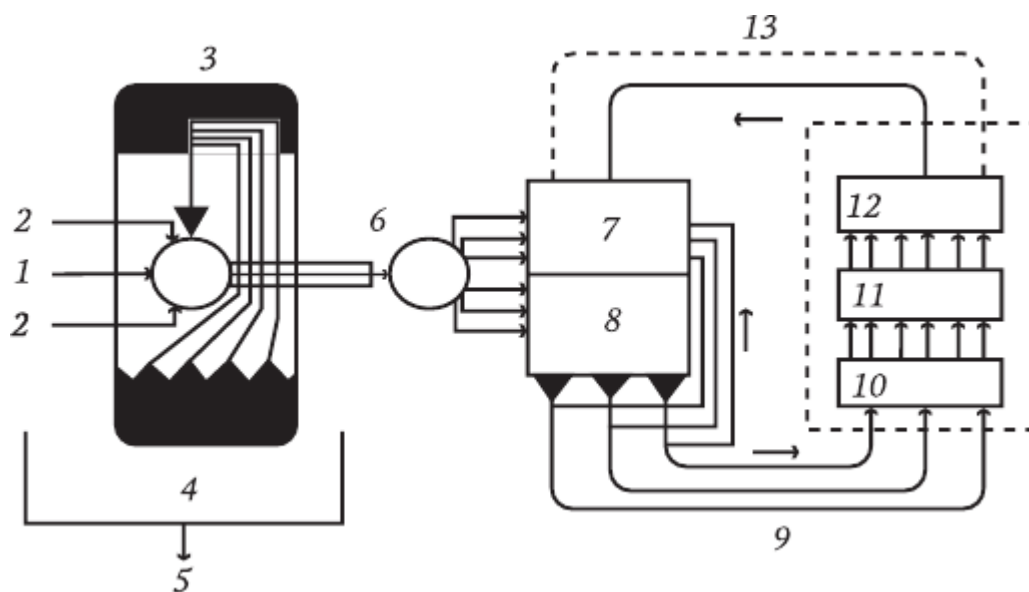


Рис. 1. Схема саморегуляторных механизмов функциональной системы (по: Анохин П. К.):

1 — пусковой стимул (раздражение); 2 — обстановочные афферентации; 3 — память; 4 — доминирующая мотивация; 5 — афферентный синтез; 6 — принятие решения; 7 — акцептор результата действия; 8 — программа действия; 9 — эфферентные возбуждения; 10 — действие; 11 — результат действия; 12 — параметры результата; 13 — обратная афферентация

К узловым механизмам, лежащим в основе структуры поведенческого акта любой степени сложности, относятся: афферентный синтез; стадия принятия решения; формирование акцептора результата действия; формирование самого действия (эфферентный синтез); многокомпонентное действие; достижение результата; обратная афферентация о параметрах достигнутого результата и сопоставление его с ранее сформировавшейся моделью результата в акцепторе результата действия (рис. 1).

Одни функциональные системы своей саморегуляторной деятельностью определяют устойчивость различных показателей внутренней среды – гомеостаз, другие – адаптацию живых организмов к среде обитания.

В ходе фило– и онтогенеза функциональные системы постоянно совершенствовались. Причем старые системы не устранились новыми и усовершенствованными системами и механизмами управления; эволюционно ранние механизмы адаптации сохранялись и входили в определенные взаимодействия как с более древними, так и с более новыми механизмами.

Теория функциональных систем (Анохин П. К., Судаков К. В.) выделяет четыре типа систем: морфофункциональные, гомеостатические, нейродинамические, психофизиологические.

Морфофункциональные системы связаны с деятельностью определенных функций. К ним относятся опорно-двигательный аппарат, сердечно-сосудистая, дыхательная, эндокринная, нервная системы, клетки, органоиды, молекулы. Словом, все, что выполняет какую-либо функцию.

Гомеостатические функциональные системы включают подкорковые образования, вегетативную нервную и другие системы организма. Основная роль этой системы заключается в поддержании постоянства внутренней среды организма. Гомеостатические системы тесно взаимодействуют с морфофункциональными, которые вписываются в них отдельными элементами.

Нейродинамические системы в качестве ведущего структурного элемента имеют кору головного мозга, а именно первую сигнальную систему. В рамках этой системы формируется аппарат эмоций как механизм оптимизации функций организма и поведения в условиях взаимодействия организма и окружающей среды. Развитие коры резко расширило адаптивные возможности организма, подчиняя себе вегетативные функции. Нейродинамические системы включают в себя элементы гомеостатической и морфофункциональной систем.

Психофизиологические функциональные системы, как и нейродинамические, ведущим структурным элементом имеют кору головного мозга, однако те ее отделы, которые связаны со второй сигнальной системой. Вторая сигнальная система усовершенствовала механизмы адаптивного поведения за счет формирования социальных форм адаптации. Психофизиологические функциональные системы реализуют свою деятельность через вегетативную нервную систему и посредством эмоций, морфологической основой которых являются подкорковые образования (лимбическая система, таламус, гипоталамус и другие). Они включают в себя элементы структурной архитектуры нейродинамических, гомеостатических и морфофункциональных систем.

Компенсация может осуществляться одной системой, по отношению к которой данный фактор наиболее специфичен. Если возможности специфической системы оказываются ограниченными, подключаются другие системы.

Одни функциональные системы генетически детерминированы, другие складываются в индивидуальной жизни в процессе взаимодействия организма с разнообразными факторами внутренней и внешней среды, т. е. на основе обучения. Естественно, что наиболее сложные и совершенные функциональные системы имеются у людей, как наиболее совершенных живых существ. Понять их взаимодействия можно с учетом представлений о структурных уровнях организации биосистем.

Уровни организации функциональных систем (Судаков К. В., 1999): метаболический, гомеостатический, поведенческий, психический, социальный.

На *метаболическом* уровне функциональные системы обуславливают достижение завершающих этапов химических реакций в тканях организма. При появлении определенных продуктов химические реакции по принципу саморегуляции прекращаются или,

наоборот, активируются. Типичным примером функциональной системы метаболического уровня является процесс ретроингибирования.

На *гомеостатическом* уровне многочисленные функциональные системы, объединяющие нервные и гуморальные механизмы, по принципу саморегуляции обеспечивают оптимальный уровень важнейших показателей внутренней среды организма, таких как масса крови, кровяное давление, температура, pH, осмотическое давление, уровень газов, питательных веществ и т. д.

На *поведенческом* биологическом уровне функциональные системы определяют достижение человеком биологически важных результатов – специальных факторов внешней среды, удовлетворяющих его ведущие метаболические потребности в воде, питательных веществах, защите от разнообразных повреждающих воздействий и в удалении из организма вредных продуктов жизнедеятельности; половую активность и т. д.

Функциональные системы *психической* деятельности человека строятся на информационной основе идеального отражения человеком его различных эмоциональных состояний и свойств предметов окружающего мира с помощью языковых символов и процессов мышления. Результаты функциональных систем психической деятельности представлены отражением в сознании человека его субъективных переживаний, важнейших понятий, абстрактных представлений о внешних предметах и их отношений, инструкций, знаний и т. д.

На *социальном* уровне многообразные функциональные системы определяют достижение отдельными людьми или их группами социально значимых результатов в учебной и производственной деятельности, в создании общественного продукта, в охране окружающей среды, в мероприятиях по защите Отечества, в духовной деятельности, в общении с предметами культуры, искусства и т. д. (Анохин П. К., Судаков К. В.).

Взаимодействие функциональных систем в организме осуществляется на основе принципов иерархического доминирования, мультипараметрического и последовательного взаимодействия, системогенеза и системного квантования процессов жизнедеятельности.

Иерархическое доминирование функциональных систем. Всегда один из параметров общей потребности организма выступает в роли ведущего, доминирующего, будучи наиболее значимым для выживания, продления рода или для адаптации человека во внешней и прежде всего социальной среде, формируя доминирующую функциональную систему. При этом все другие функциональные системы либо затормаживаются, либо своей результативной деятельностью способствуют деятельности доминирующей системы. По отношению к каждой доминирующей функциональной системе субдоминирующие системы в соответствии с их биологической значимостью и значимостью для социальной деятельности человека, начиная от молекулярного вплоть до организменного и социально общественного уровня, выстраиваются в определенном иерархическом порядке. Иерархические взаимоотношения функциональных систем в организме строятся на основе результатов их деятельности.

Мультипараметрическое взаимодействие. Особенно отчетливо принцип мультипараметрического взаимодействия проявляется в деятельности функциональных систем гомеостатического уровня, в которых изменение одного показателя внутренней среды, представляющего результат деятельности какой-либо функциональной системы, немедленно сказывается на результатах деятельности других связанных с ним функциональных систем. Принцип мультипараметрического взаимодействия отчетливо выявляется, например, в деятельности функциональной системы, определяющей уровень газовых показателей в организме.

Последовательное взаимодействие функциональных систем. В организме человека деятельность различных функциональных систем последовательно связана друг с другом

во времени, когда результат деятельности одной функциональной системы последовательно формирует другую потребность и соответствующую функциональную систему.

Принцип последовательного взаимодействия различных функциональных систем в организме человека отчетливо проявляется в континууме процессов кровообращения, пищеварения, дыхания, выделения и т. д.

Особую разновидность последовательного взаимодействия функциональных систем во времени представляют *процессы системогенеза*.

П. К. Анохин определил системогенез как избирательное созревание функциональных систем и их отдельных частей в процессах пре- и постнатального онтогенеза.

Континуум жизнедеятельности каждого человека на разных уровнях организации благодаря последовательному взаимодействию функциональных систем подразделяется на отдельные, дискретные «*системокванты*». Каждый отдельный «системоквант» жизнедеятельности включает возникновение той или иной биологической или социальной потребности, формирование на уровне мозга доминирующей мотивации и, через достижение промежуточных и конечного результата, завершается удовлетворением потребности. При этом оценка различных параметров промежуточных и конечных результатов деятельности постоянно осуществляется с помощью обратной афферентации, поступающей от разнообразных органов чувств и рецепторов организма к аппарату предвидения потребного результата – акцептору результата действия.

По характеру организации можно выделить последовательное, иерархическое и смешанное квантование процессов жизнедеятельности (Судаков К. В., 1997).

Начиная с замечательных работ канадского биолога Л. фон Берталанфи, в биологию и медицину все шире внедряется системный подход.

Понимание функциональных особенностей построения целого организма необходимо в первую очередь для врача, занимающегося диагностикой и лечением заболевшего человека. Современная действительность настоятельно требует для решения больших теоретических и практических задач тесного объединения специалистов различного профиля.

Физиологические механизмы человека уже сейчас не могут справляться с огромными нагрузками современной производственной деятельности и условий жизни. При наличии огромного числа обратных связей от различных параметров деятельности машин практически отсутствует контроль за физиологическими функциями работающих на этих машинах людей.

Ситуацию усугубляют социально-политические преобразования во многих странах мира, включая Россию, а также экологическое неблагополучие во многих районах земного шара.

Теория функциональной системы открыла новые перспективы ранней диагностики нарушений физиологических функций человека в условиях реальной производственной деятельности, особенно в условиях напряженной работы современного производства (Судаков К. В.).

Любая болезнь, будь то соматическая или психическая, есть проявление адаптации организма (личности) в меняющихся условиях внешней и внутренней среды. Адаптация осуществляется в зависимости от целого ряда факторов, начиная от биологических, социальных и психологических особенностей болеющего организма, кончая особенностями патогенного фактора, условиями среды, в которой происходит данное воздействие, длительностью и интенсивностью воздействия и т. д., и затрагивает многие морфофункциональные уровни, системы, организации. То есть болезнь проявляет себя как многоуровневая система (Сукиасян С. Г., 2005).

В связи с этим оценка различных показателей деятельности организма в условиях патологии должна учитывать системную интеграцию физиологических функций.

При каждом заболевании прежде всего необходимо определить: какие функциональные системы затронул патологический процесс и нарушение деятельности которых усугубляет его; деятельность каких функциональных систем имеет компенсаторную направленность (Судаков К. В.).

Стойкое повышение артериального давления, например, может быть связано с нарушениями в самых разных звеньях функциональной системы, определяющей оптимальный уровень артериального давления в организме: барорецепторного аппарата, центральных эмоциогенных и сосудодвигательных механизмов, периферической сосудистой или гормональной регуляции и т. д. Одновременно с этим изменяется деятельность других, связанных с ней функциональных систем выделения, водно-солевого баланса, поддержания температуры тела и т. д.

При хирургическом удалении того или иного органа, исходя из представлений о том, что одни и те же органы различными сторонами своего метаболизма участвуют в деятельности различных функциональных систем, прежде всего необходимо определить, какие функциональные системы и в какой степени затронула хирургическая операция, какие компенсаторные механизмы при этом продолжают обеспечивать ведущие физиологические функции организма, какие полезные приспособительные результаты деятельности организма при этом сохранены, а какие нарушены, а также какие стороны гомеостаза или поведения они затрагивают?

С системных позиций компенсация нарушенных функций всегда идет в направлении сохранения функциональными системами способности обеспечивать полезные для организма приспособительные результаты.

Как показали исследования Е. Л. Голубевой, сотрудницы П. К. Анохина, при удалении одного легкого компенсаторный процесс связан не только с деятельностью второго оставшегося легкого, но и с функциями сердца, почек, крови и других исполнительных компонентов разветвленного внутреннего звена саморегуляции функциональной системы дыхания. При этом нарушается деятельность и других функциональных систем, определяющих оптимальный для организма уровень кровяного и осмотического давления, реакции крови, выделения и т. д., которые по принципу многосвязного взаимодействия компенсаторно перестраивают свою деятельность.

Хирургическая операция, например замена протезом восходящей дуги аорты, может нарушить функции барорецепторов и хеморецепторов газового гомеостаза. В этом случае компенсаторная функция в значительной степени ложится на другие хеморецепторные зоны: синокаротидную и центральные, состояние которых в этом случае необходимо оценить еще до операции (Судаков К. В.).

Теория функциональных систем позволяет по-новому подойти к проблеме реабилитации нарушенных функций человека.

С позиций теории функциональных систем все реабилитационные мероприятия выступают в роли дополнительного внешнего звена саморегуляции, компенсируя тем самым недостаточную функцию тех или иных функциональных систем организма.

Особого внимания в этом плане заслуживает первая информационная стадия формирования патологического процесса (*преморбидное состояние*).

На этой стадии нарушенные информационные внутри- и межсистемные отношения функциональных систем в организме легко восстанавливаются информационными методами реабилитации: гипнотическим воздействием, массажем, гомеопатией, акупунктурой, тепло-холодовыми процедурами, гипоксией и другими, позволяющими предупредить переход дисфункций в устойчивую патологическую форму. Исходя из того что болезнь первично проявляется как нарушение информационных системных отношений в организме, становится понятной роль культурных, семейных и производственных отношений как своеобраз-

ного «человеческого иммунитета». Эти же факторы важны и для сохранения и упрочения эффектов реабилитации (Судаков К. В., 1996).

Каждый организм имеет свою зону физиологического комфорта, в которой сохраняется максимально возможный предел компенсации функции. При стойких изменениях среды организм переходит на новый уровень гомеостаза, или «гомеорезиса» (по: Адо В. Д.), для которого оптимальными являются другие показатели гомеостаза. Это и есть состояние адаптации. Таким образом, теория функциональных систем П. К. Анохина, рассматривая организм как целостный биосоциальный объект в фило- и онтогенетическом плане, подтверждает учение об адаптационном синдроме (Судаков К. В., Сукиасян С. Г.).

Адаптация (приспособление) – это процесс поддержания функционального состояния гомеостатических систем и организма в целом, обеспечивающий его сохранение, развитие, максимальную продолжительность жизни в неадекватных условиях (Казначеев В. П., 1973).

Адаптация есть, несомненно, одно из фундаментальных качеств живой материи. Она присуща всем известным формам жизни. Выделяют следующие типы адаптации: биологическая, физиологическая, биохимическая, психологическая, социальная и т. д.

При классификации процессов адаптации следует учитывать:

1. Факторы среды (физические, химические, бактериальные, вирусные).
2. Свойства организма (эмбриональный, детский, взрослый, пол, национальность.)
3. Характер адаптационных перестроек в разных системах органов (в первую очередь – нервная, гормональная, иммунная системы, а также сердечно-сосудистая, дыхательная, пищеварительная и др.).
4. Уровень организации биосистемы (вид, популяция, организм, система, орган и др.).

По значимости для эволюции адаптационные изменения могут быть: генотипические, фенотипические.

В основе *генотипической* адаптации лежат стойкие изменения наследственного материала (мутации), которые могут передаваться из поколения в поколение и закрепляться действием естественного отбора, дрейфа генов.

Следствием этого типа адаптации является приобретение новых адаптивных генотипических признаков.

Под *фенотипической* адаптацией понимается варьирование значения признака в результате действия внешне-средовых факторов. В основе данного варьирования лежит «норма реакции», которая контролируется генетически и определяет размах варьирования признака в конкретных условиях окружающей среды.

С физиологической и патофизиологической точек зрения, понятия приспособление, норма и патология должны даваться только в целях обоснования взгляда, что нормологический и патологический процессы являются различными качественными проявлениями одного и того же процесса – приспособления или адаптации. При этом патология не всегда является адаптивной аномалией, как и адаптивной нормой.

Исходя из этого, практически все болезни являются результатом ошибок в адаптивных реакциях на внешние раздражители. С этой точки зрения большая часть болезней (нервные расстройства, гипертоническая болезнь, язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, некоторые типы ревматических, аллергические, сердечно-сосудистые заболевания и почечные болезни) являются болезнями адаптации, то есть патологические процессы и болезни это всего лишь особенности приспособительных реакций.

Согласно теории адаптационных реакций в зависимости от силы воздействия, в организме могут развиваться три типа адаптационных реакций:

- на слабые воздействия – реакция тренировки;
- на воздействия средней силы – реакция активации;
- на сильные, чрезвычайные воздействия – стресс-реакция (по: Селье Г.).

Реакция тренировки имеет три стадии: ориентировки, перестройки, тренированности. В ЦНС преобладает охранительное торможение. В эндокринной системе вначале умеренно повышается активность глюко- и минералокортикоидных гормонов, а затем постепенно увеличивается секреция минералокортикоидов и нормализуется секреция глюкокортикоидов на фоне умеренно повышенной функциональной активности щитовидной и половых желез.

Реакция активации имеет две стадии: первичной активации и стадию стойкой активации. В ЦНС преобладает умеренное, физиологическое возбуждение. В эндокринной системе отмечается увеличение секреции минералокортикоидов при нормальной секреции глюкокортикоидов и повышение функциональной активности щитовидной и половых желез. Повышение активности желез внутренней секреции выражено больше, чем при реакции тренировки, но не носит характера патологической гиперфункции. В обеих стадиях реакции активации повышается активная резистентность к повреждающим агентам различной природы.

Реакция тренировки и реакция активации – это те адаптационные реакции, которые встречаются в течение нормальной жизни организма. Эти реакции являются неспецифической основой физиологических процессов, так же как стресс – неспецифической основой патологических процессов.

В основе любой адаптивной реакции организма лежат определенные биохимические преобразования. Ни один вид адаптации не обходится без существенных биохимических перестроек.

Биохимическая адаптация выполняет в клетке следующие основные функции:

1. Поддержание структурной целостности макромолекул (ферментов сократительных белков, нуклеиновых кислот и др.) при их функционировании в специфических условиях.
2. Достаточное снабжение клетки:
 - а) энергетической валютой – АТФ;
 - б) восстановительными эквивалентами, необходимыми для протекания процессов биосинтеза;
 - в) предшественниками, используемыми при синтезе запасных веществ (гликогена, жиров и т. п.), нуклеиновых кислот и белков.
3. Поддержание систем, регулирующих скорости и направления метаболических процессов в соответствии с потребностями организма и их изменениями при изменении условий среды.

Выделяют три типа механизмов биохимической адаптации:

1. Приспособление макромолекулярных компонентов клетки или жидкостей организма:
 - а) изменяются количества (концентрации) уже имеющихся типов макромолекул, например ферментов;
 - б) образуются макромолекулы новых типов, например новые изоферменты, которыми замещаются макромолекулы, ранее имевшиеся в клетке, но ставшие не вполне пригодными для работы в изменившихся условиях.
2. Приспособление микросреды, в которой функционируют макромолекулы. Сущность этого механизма состоит в том, что адаптивное изменение структурных и функциональных свойств макромолекул достигается путем видоизменения качественного и количественного состава окружающей эти макромолекулы среды (например, ее осмотической концентрации или состава растворенных веществ).
3. Приспособление на функциональном уровне, когда изменение эффективности макромолекулярных систем, в особенности ферментов, не связано с изменением числа имеющихся в клетке макромолекул или их типов. Данный тип биохимической адаптации еще

называется метаболической регуляцией. Его сущность состоит в регулировании функциональной активности макромолекул, ранее синтезированных клеткой.

При изучении влияния комплекса длительно действующих факторов среды обитания на организм человека важную задачу составляет оценка стратегии адаптации. На основе знания стратегии адаптации можно прогнозировать характер поведения организма во времени при его контакте с изменяющимися факторами окружающей среды.

Под стратегией адаптации понимают функционально-временную структуру потоков информации, энергии, веществ, обеспечивающую оптимальный уровень морфофункциональной организации биосистем в неадекватных условиях среды.

Критерием, лежащим в основе выделения различных стратегий адаптации (типов реагирования), является время выполнения субмаксимальной работы. Эта относительная величина всегда обратно пропорциональна силе противодействия организма разрушительному влиянию среды, при условии выполнения организмом работы субмаксимальной интенсивности.

Можно выделить три варианта «стратегии» адаптивного поведения организма человека.

1. Тип стратегии (*стратегия типа «спринтер»*): организм обладает способностью мощных физиологических реакций с высокой степенью надежности в ответ на значительные, но кратковременные колебания во внешней среде. Однако такой высокий уровень физиологических реакций может поддерживаться относительно короткий срок. К длительным физиологическим перегрузкам со стороны внешних факторов, даже если они средней величины, такие организмы мало приспособлены.

2. Второй тип (*стратегия типа «стайер»*): организм менее устойчив к кратковременным значительным колебаниям среды, но обладает свойством выдерживать длительное время физиологические нагрузки средней силы.

3. Наиболее оптимальным типом стратегии является *промежуточный тип*, который занимает среднее положение между указанными крайними типами.

Формирование стратегии адаптации генетически детерминировано, но в процессе индивидуальной жизни, соответствующего воспитания и тренировки их варианты могут подвергаться коррекции. Следует отметить, что у одного и того же человека разные гомеостатические системы могут иметь различные стратегии физиологической адаптации.

Установлено, что у людей с преобладанием стратегии первого типа («спринтер») одновременное сочетание работы и восстановительных процессов выражено слабо и для указанных процессов требуется более четкая ритмичность (то есть расчленение во времени).

У людей же с преобладанием стратегии 2 типа («стайер»), напротив, резервные возможности и степень быстрой мобилизации не высоки, однако рабочие процессы более легко сочетаются с процессами восстановления, что обеспечивает возможность длительной нагрузки.

Так, в условиях северных широт у людей с вариантами стратегии типа «спринтер» наблюдается быстрое истощение и нарушение липидно-энергетического обмена, что приводит к развитию хронических патологических процессов. В то же время у людей, относящихся к варианту стратегии «стайер», приспособительные реакции к специфическим условиям высоких широт наиболее адекватны и позволяют им длительное время находиться в этих условиях без развития патологических процессов.

С целью определения эффективности адаптационных процессов были разработаны **определенные критерии и методы диагностики функциональных состояний организма**.

Р. М. Баевским (1981) предложено учитывать пять основных критериев:

1 – уровень функционирования физиологических систем;

- 2 – степень напряжения регуляторных механизмов;
- 3 – функциональный резерв;
- 4 – степень компенсации;
- 5 – уравновешенность элементов функциональной системы.

В качестве индикатора функционального состояния целостного организма может рассматриваться система кровообращения. Рассматриваются три свойства системы кровообращения, с помощью которых можно оценить переход от одного функционального состояния к другому. Это:

– *уровень функционирования*. Под ним следует понимать поддержание определенных значений основных показателей миокардиально-гемодинамического гомеостаза: ударный и минутный объем, частота пульса и артериальное давление;

– *степень напряжения регуляторных механизмов*, которая определяется показателями вегетативного гомеостаза, например степенью активации симпатического отдела вегетативной нервной системы и уровнем возбуждения вазомоторного центра.

– *функциональный резерв*. Для его оценки обычно принимают функциональные нагрузочные пробы, например ортостатическую или с физической нагрузкой.

Классификация функциональных состояний при развитии болезней адаптации (Баевский Р. М., 1980):

1. Состояние удовлетворительной адаптации к условиям окружающей среды. Для этого состояния характерны достаточные функциональные возможности организма, гомеостаз поддерживается при минимальном напряжении регуляторных систем организма. Функциональный резерв не снижен.

2. Состояние напряжения адаптационных механизмов. Функциональные возможности организма не снижены. Гомеостаз поддерживается благодаря определенному напряжению регуляторных систем. Функциональный резерв не снижен.

3. Состояние неудовлетворительной адаптации к условиям окружающей среды. Функциональные возможности организма снижены. Гомеостаз сохраняется благодаря значительному напряжению регуляторных систем либо благодаря включению компенсаторных механизмов. Функциональный резерв снижен.

4. Срыв (поломка) механизмов адаптации. Резкое снижение функциональных возможностей организма. Гомеостаз нарушен. Функциональный резерв резко снижен.

Деадаптация и развитие патологических состояний происходит поэтапно. С позиций биокibernетики перемещение от здоровья к болезни представляет собой поэтапную смену способов управления. Каждому состоянию соответствует свой характер структурно-функциональной организации биосистемы.

Начальный этап пограничной зоны между здоровьем и патологией – это состояние функционального напряжения механизмов адаптации. Наиболее характерным его признаком является высокий уровень функционирования, который обеспечивается за счет интенсивного или длительного напряжения регуляторных систем. Состояние напряжения адаптационных механизмов, не выявляемое при традиционном клиническом обследовании, следует относить к дозонологическим, то есть предшествующим развитию заболевания.

Более поздний этап пограничной зоны – состояние неудовлетворительной адаптации. Для него характерно уменьшение уровня функционирования биосистемы, рассогласование отдельных ее элементов, развитие утомления и переутомления. Состояние неудовлетворительной адаптации является активным приспособительным процессом. Организм пытается приспособиться к чрезмерным для него условиям существования путем изменения функциональной активности отдельных систем и соответствующим напряжением регуляторных механизмов. Состояние неудовлетворенной адаптации может быть отнесено к преморбидным, поскольку значительное снижение функционального резерва позволяет при исполь-

зовании функциональных проб выявить неадекватный ответ организма, указывающий на скрытую или начальную патологию.

С клинической точки зрения, только срыв адаптации относится к патологическим состояниям, ибо он сопровождается заметными изменениями традиционно измеряемых показателей: частота пульса, ударный и минутный объем, артериальное давление и т. д.

По своим проявлениям болезни адаптации носят полиморфный характер, охватывая различные системы организма. Наиболее распространены болезни адаптации при длительном пребывании людей в неблагоприятных условиях (горная болезнь и др.). Вследствие продолжительного напряжения механизмов регуляции, а также клеточных механизмов, происходит истощение и потеря наиболее важных резервов организма (Гора Е. П., 1999). Поэтому для профилактики болезней адаптации используют методы увеличения эффективности адаптации.

Методы увеличения эффективности адаптации могут быть специфическими и неспецифическими.

К *неспецифическим методам* относятся: активный отдых, закаливание, средние физические нагрузки, адаптогены и терапевтические дозировки разнообразных курортных факторов, которые способны повысить неспецифическую резистентность, нормализовать деятельность основных систем организма.

Адаптогены – это средства, осуществляющие фармакологическую регуляцию адаптивных процессов в организме. По своему происхождению адаптогены могут быть разделены на две группы: природные и синтетические. Источниками природных адаптогенов являются наземные и водные растения, животные и микроорганизмы. К наиболее важным адаптогенам растительного происхождения относятся женьшень, элеутерококк, лимонник китайский, аралия маньчжурская, заманиха, шиповник и т. д. К препаратам животного происхождения относятся: пантокрин, получаемый из пантов марала; рантарин – из пантов северного оленя, апилак – из пчелиного маточного молочка. Широкое применение получили вещества, выделенные из различных микроорганизмов и дрожжей (продигиоган, зимозан и др.). Высокой адаптогенной активностью обладают витамины. Многие эффективные синтетические соединения получены из природных продуктов (нефть, уголь и т. п.).

Специфические методы увеличения эффективности адаптации основаны на повышении резистентности организма к какому-либо определенному фактору среды: холоду, гипоксии и т. д. К ним относятся лекарственные средства, физиотерапевтические процедуры, специальные тренировки и т. д. (Гора Е. П., 1999).

1.2. Стресс, пределы и способность экосистем к самовосстановлению

По мере развития адаптации наблюдается определенная последовательность изменений в организме: сначала возникают неспецифические адаптационные изменения, затем – специфические. Изучение неспецифических компонентов адаптации принято связывать с именем канадского ученого Ганса Селье (1936), хотя отдельные аспекты данной проблемы разрабатывались Н. Е. Введенским, У. Кэнноном, Д. Н. Насоновым и В. Я. Александровым, Л. А. Орбели.

Г. Селье (1982) показал, что в ответ на действие раздражителей самой различной природы (механических, физических, химических, биологических и психических) в организме возникают стереотипные изменения. Комплекс этих изменений получил название «общего адаптационного синдрома». Такое приспособление выработалось в ходе эволюции как способ адаптации организма. Состояние организма, вызываемое неблагоприятными воздействиями, Г. Селье назвал реакцией напряжения или стресс-реакцией.

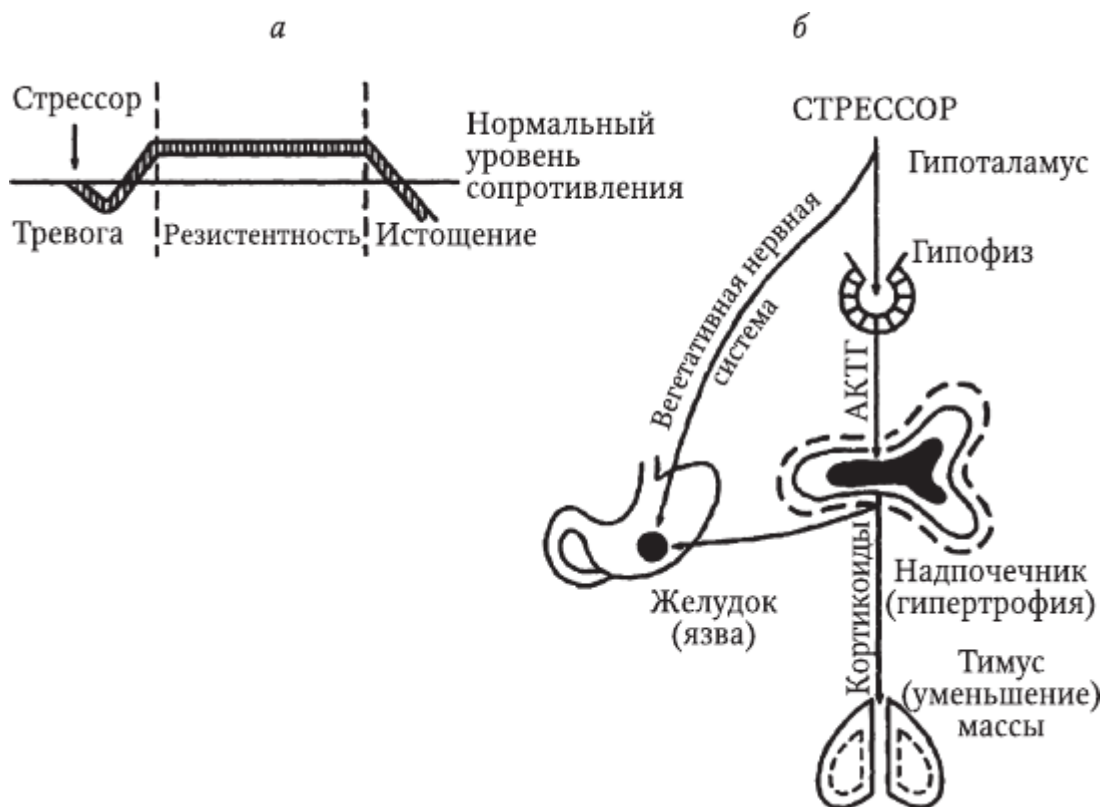


Рис. 2. Три фазы общего адаптационного синдрома (а) и основные пути формирования стресс-реакции (б) (по: Селье Г.)

Механизм развития общего адаптационного синдрома и стресс-реакции представлен на рис. 2.

Признание стресса в качестве одного из основных механизмов этиопатогенеза экопатологии делает необходимым более предметное рассмотрение его роли в адаптивном и дезадаптивном процессах.

Стресс – обобщенное понятие, отражающее реакцию напряжения организма в ответ на действие чрезмерно интенсивных, биологически значимых факторов.

Стресс рассматривают как неспецифическую реакцию организма, формирующуюся под влиянием разнообразных опасных факторов и проявляющуюся фазным изменением защитно-приспособительных возможностей организма, состояния его физиологических систем и обмена веществ. Стресс разного происхождения может вызывать не только приспособительные, но и патологические изменения в разных системах и органах.

Открытие Г. Селье стресс-реакции способствовало пониманию общности в течении различных патологических процессов, вооружило медицину знанием теории, помогающей не только понять патогенез, но и обосновать терапию целого ряда болезней.

Стресс принято разделять на непсихогенный и психогенный (психоэмоциональный) (Исаев Л. К., Хитров Н. К., 1997).

Непсихогенный стресс формируется под влиянием разнообразных физических, в том числе механических, химических и биологических факторов или при недостатке необходимых для жизни соединений (O ; H_2O и т. д.), если степень этого дефицита опасна для жизни.

Психоэмоциональный стресс возникает под влиянием негативных социальных факторов, значимость которых в жизни современного человека постоянно нарастает.

Разделение стресса на психогенный и непсихогенный является условным, потому что, если организм не достигает какого-либо биологически важного результата или не может устранить неблагоприятное воздействие физической природы, то, как следствие, развивается психоэмоциональный стресс, нередко опасный возникновением различных форм патологии. Длительный психоэмоциональный стресс приводит к понижению функциональных возможностей центральной нервной системы и клинически проявляется развитием различных форм неврозов – неврастения, невроз навязчивых состояний, истерия. Сегодня психоэмоциональный стресс рассматривается как важнейший фактор риска возникновения гипертонической и гипотонической болезни, атеросклероза, ишемической болезни сердца, язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, нейрогенных заболеваний кожи, эндокринных заболеваний и многих других (Тополянский В. Д., Струковская М. В., 1986).

Развитие стресса и его исходы во многом зависят от свойств организма, его нервной, в том числе вегетативной, системы, эндокринных органов, особенно гипофиза и надпочечников, состояния иммунной системы, кровообращения и т. д. Важное значение в развитии стресса имеет степень тренированности, то есть долговременной адаптации, формирующейся при многократном воздействии определенного стрессорного агента в оптимальном для этого режиме. Например, жители высокогорья высокорезистентны к кислородному голоданию (гипоксическому стрессу), спортсмены – к физическому стрессу и т. д. Важное значение в формировании устойчивости к стрессорным воздействиям имеют возраст, пол и конституция организма. В частности, новорожденные легко переносят гипоксию, женщины более резистентны к кровопотере, чем мужчины.

При обычном варианте развития при стрессе наблюдаются три стадии, а именно:

- 1) реакция тревоги (*alarm reaction*);
- 2) стадия стресса или адаптации (*stage of resistance*);
- 3) стадия истощения (*stage of exhaustion*).

1. Первая стадия характеризуется экстренной мобилизацией защитных сил организма, направленной на борьбу со стрессовым воздействием, то есть на предупреждение его патогенного воздействия или устранение уже возникших негативных воздействий. В первой стадии стресса происходит активация гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы, следствием чего является усиленный выход из передней доли гипофиза адренокортикотропного гормона (АКТГ), стимуляция стероидной функции надпочечников и накопление в крови человека в первую очередь глюкокортикоидного гормона кортизона, угнетается секреция минералокортикоидов.

Не меньшее значение в развитии стресса вообще и его первой стадии имеет симпатoadреналовая система. Во время реакции тревоги наблюдается усиление высвобождения катехоламинов из мозгового слоя надпочечников и нейромедиатора норадреналина из симпатических нервных окончаний.

При стрессе кортикостероиды и катехоламины перестраивают обмен веществ и деятельность физиологических систем. Наблюдается усиление распада гликогена в печени и в мышцах (стимуляция гликогенолиза), мобилизация липидов и белков (стимуляция глюконеогенеза), возрастает уровень глюкозы, аминокислот и липидов в крови, активируются β -клетки инсулярного аппарата с последующим повышением содержания инсулина в крови. Происходит понижение деятельности щитовидной и половых желез, лимфопения, увеличивается количество лейкоцитов, эозинофилов, наблюдается уменьшение тимико-лимфатического аппарата, подавление анаболических процессов, главным образом снижение синтеза РНК и белка (Гора Е. П., 1999).

Обычно усиливается функция кровообращения, происходит перераспределение крови в пользу мозга, сердца и усиленно работающих скелетных мышц, активизируется внешнее дыхание.

Очень важным является тот факт, что в органах и системах, не участвующих в приспособлении, например при длительном гипоксическом или физическом стрессе, усиливается катаболизм, могут развиваться атрофические и язвенные процессы; функция таких органов и систем снижается (пищеварительная, иммунная, репродуктивная), усиление каталитических процессов в тканях может приводить к снижению веса тела.

Это перераспределение функциональной и пластической активности на первой стадии стресса способствует экономии энергозатрат организма, но может стать одним из механизмов патогенного действия стресса. Во время стадии тревоги неспецифическая сопротивляемость организма повышается, он делается более устойчивым к различным воздействиям.

2. При классическом течении в случае успешной экстренной адаптации, несмотря на продолжающееся действие стрессорного агента, нейроэндокринные отклонения исчезают, нормализуется обмен веществ и деятельность физиологических систем. Таким образом, организм вступает во вторую стадию стресса или адаптации, для которой характерна повышенная устойчивость к экстремальному фактору. В эндокринных железах нормализуется запас адаптивных гормонов (АКТГ, глюкокортикоидов), а в тканях восстанавливается уровень гликогена и липидов, сниженных в первую стадию стресса, происходит снижение инсулина в крови, что обеспечивает усиление метаболических эффектов кортикостероидов. Наблюдается активация синтетических процессов в тканях с последующим восстановлением нормального веса тела и отдельных его органов. С переходом в стадию резистентности неспецифическая сопротивляемость уменьшается, но возрастает устойчивость организма к тому фактору, которым был вызван стресс.

3. В случае чрезмерно интенсивного или продолжительного действия стрессорного фактора, а также недостаточности регулирующих исполнительных систем формируется третья стадия стресса – истощение. В этой стадии преобладают, главным образом, явления повреждения, распада.

Гипофизарно-надпочечниковая и симпатoadреналовая системы угнетаются, и уровень соответствующих гормонов в железах внутренней секреции падает, уменьшается количество катехоламинов в мозговом слое надпочечников, в тканях и крови. В данном случае в организме начинают преобладать катаболические процессы, масса органов уменьшается в них развиваются атрофические и дегенеративные изменения. Специфическая и неспецифическая резистентность организма снижается.

Довольно часто на этой стадии развиваются расстройства центрального кровообращения (аритмии, артериальная гипотония) и микроциркуляции (стаз, микротромбозы и геморагии) (Исаев Л.К., Хитров Н. К., 1997).

В последние годы установлено, что в формировании стресса принимают участие не только стрессорные, но и антистрессорные нейроэндокринные механизмы. Более того, тяжесть стресса и его последствия зависят подчас не только от состояния гипоталамо-надпочечниковой и симпатoadреналовой системы, но и от способности антистрессорных механизмов обеспечивать адекватность реакции физиологических систем приспособления. В случае недостаточности антистрессорных механизмов стресс может стать настолько интенсивным, что в организме развиваются повреждения органов и систем.

Антистрессорные механизмы представлены на разных уровнях регуляции. В центральной нервной системе это ГАМК-ергические и серотонинергические нейроны, которые ослабляют симпатические влияния и уменьшают высвобождение кортиколиберина. В периферических органах уменьшение высвобождения норадреналина и снижение эффективности его действия на адренорецепторы обусловлено нейромедиатором ацетилхолином, некоторыми классами простагландинов, аденозинов и другими соединениями.

Значение стресса не является однозначным; в зависимости от конкретных условий он может иметь и позитивное и негативное биологическое значение для организма. Стресс сформирован в эволюции как общебиологическая приспособительная реакция живых существ на опасные и вредные факторы. Кроме того, стресс является первым этапом развития долгосрочной адаптации организма, если стрессорный фактор действует продолжительное время в тренирующем режиме (Меерсон Ф. З., 1988). Длительное, особенно периодическое, действие разнообразных гипоксических факторов (дефицит O_2 , кровопотери, цианиды), гипогликемии, физического напряжения, гипотермии и т. д. вызывает тренирующий эффект. В результате на смену экстренной приходит долговременная адаптация организма. Вместе с тем, стресс может стать фактором развития в организме патологических состояний.

Особенности непсихогенного стресса. Опасные и вредные экологические факторы могут вызывать развитие стресса. Среди физических воздействий наиболее часто стрессорными агентами становятся резкие колебания барометрического давления, выходящие за рамки физиологических возможностей организма, колебания температуры, магнитные аномалии, механическая травма, воздействие пыли, электротравма, ионизирующее излучение и другие. (Исаев Л. К., Хитров Н. К., 1997). Химические воздействия, нарушающие обмен веществ в тканях и вызывающие гипоксию, например дефицит O_2 , воздействия СО (оксида углерода), нитросоединений являются крайне опасными стрессорными факторами.

Разнообразные биологические агенты – вирусы, риккетсии, микробы, паразиты, вызывая развитие инфекционного процесса и лежащие в его основе воспаления и аллергию, на той или иной стадии также формируют стрессорное состояние организма. Большое значение в развитии стресса у человека имеет чрезмерное физическое напряжение, а также столь распространенное в наше время противоположное состояние – гиподинамия.

При действии непсихогенных экстремальных факторов возникновение различных форм патологии возможно на всех этапах формирования стрессорного состояния.

Во-первых, реакция тревоги, напряжения, может вообще не развиваться, если интенсивность вредного фактора настолько велика, что она превышает возможности систем приспособления организма. Так, при действии высокого дефицита O_2 , токсических концентраций CO_2 , дефицита глюкозы в крови практически сразу, без первых двух фаз стресса, возникает фаза истощения в форме соответственно гипоксической и гипогликемической комы. Аналогичная ситуация возникает при тяжелом облучении – лучевая кома, перегревания – тепловой удар и т. д. Подобные же состояния возникают в том случае, если интен-

сивность стрессорного фактора невелика, но имеется недостаточность систем регуляции, например недостаточность коры надпочечников или снижение активности симпатoadреналовой системы.

Во-вторых, возможна ослабленная или чрезмерная реакция напряжения и, соответственно, слабая или неадекватно сильная активация гипофизарно-надпочечниковой и симпатoadреналовой систем. При недостаточной активности нейроэндокринных механизмов стресса, как и в первом случае, формируется быстрое истощение и развитие экстремальных состояний, обычно коллапса или комы. При избыточной активности указанных выше механизмов вследствие избытка катехоламинов могут развиваться некрозы миокарда, миокардиодистрофия, гипертензионные состояния, ишемические поражения почек, а в результате избытка кортикостероидов – язвенные поражения желудочно-кишечного тракта, иммунный дефицит со склонностью к инфекциям и ряд других расстройств (Василенко В. Х. [и др.], 1989).

В-третьих, при действии крайне интенсивных патогенных факторов среды обитания после реакции тревоги, проявляющейся общим возбуждением, фаза резистентности не развивается, а сразу возникает истощение систем регуляции и угнетение физиологических функций. Такая последовательность характерна для шоковых состояний, при которых ведущее значение в угнетении функции ЦНС вегетативного отдела и эндокринной системы имеет чрезмерная афферентация, например болевая (травматический, ожоговый шок).

В четвертых, возможны ситуации, когда на действие стрессорного фактора кора надпочечников усиленно высвобождает не глюкокортикоиды (кортизол, кортизон, кортикостерон), а минералокортикоиды (альдостерон, дезоксикортикостерон). Вероятно, это связано с нарушением биосинтеза кортикостероидов в коре надпочечников. В данном случае при повторяющихся стрессорных воздействиях возникает высокая склонность к развитию воспалительных и аллергических заболеваний, гипертензионных состояний, склеротических процессов в почках, вплоть до почечной недостаточности.

1.3. Понятие биоритмов. Биоритмологические аспекты адаптации человека

Биологические ритмы – фундаментальное свойство органического мира, обеспечивающее его способность к адаптации и выживанию в циклически меняющихся условиях внешней среды.

Биологический ритм – это самоподдерживающийся автономный процесс периодического чередования состояний организма и колебаний интенсивности физиологических процессов и реакций. Благодаря биоритмам обеспечивается внутреннее движение, развитие организма, его устойчивость к воздействию факторов окружающей среды. Это осуществляется за счет ритмичного чередования процессов анаболизма и катаболизма (Оранский И. Е, 1988). Борьба противоположностей, обуславливающая движение (развитие), лежит в основе адаптационных процессов, обеспечивающих синхронизацию физиологических функций организма с разнообразными изменениями окружающей среды. Исследование биоритмов позволяет оценивать реактивность, функциональное состояние и адаптационные возможности организма (Комаров Ф. И., [и др.], 1989).

Изучением биоритмов живых систем, их связи с ритмами, существующими в природе, занимается относительно недавно возникшая наука – **хронобиология** (биоритмология), составной частью которой является хрономедицина.

Последняя, с помощью использования хронобиологических параметров, в основном решает задачи, связанные с улучшением диагностики, профилактики и лечения патологических состояний у людей (Комаров Ф. И., [и др.], 1989).

В нашей стране опубликовано много работ, посвященных вопросам биоритмологии (Алякринский Б. С., 1975, 1983; Моисеева Н. И. [и др.], 1981, 1985; Дильман В. М., 1981, 1986; Туркменов М. Т., 1983; Деряпа Н. Р. [и др.], 1985; Степанов С. И., 1986; Комаров Ф. И., 1989). Поскольку в биоритмологическом аспекте здоровье представляет собой оптимальное соотношение взаимосвязанных ритмов физиологических функций организма и их соответствие закономерным колебаниям среды обитания, анализ изменений этих ритмов и их расогласования помогает глубже понять механизмы возникновения и развития патологических процессов, улучшить раннюю диагностику болезней и определить наиболее целесообразные временные схемы терапевтических мероприятий.

Существует несколько классификаций биоритмов, в зависимости от критериев, положенных в их основу.

По принадлежности к классу явлений ритмы подразделяются (Оранский И. Е., 1988):

I. Ритмы неживой природы.

II. Ритмы живой природы:

а) растений;

б) животных;

в) человека.

В настоящее время в человеческом организме обнаружено более 500 биоритмов на различных структурных уровнях: клеточном, тканевом, органном, организменном (Воложин А. М., Субботин Ю. К., 1998).

Биоритмы характеризуются широким диапазоном периодов – от миллисекунды до нескольких десятков лет. В связи с этим различают низко-, средне- и высокочастотные биоритмы (Смирнов К. М. [и др.], 1980; Оранский И. Е., 1988; Halberg F., 1969):

1. Ритмы высокой частоты – от долей секунды до 30 мин (осцилляции на молекулярном уровне, ритмы электроэнцефалограммы, сокращения сердца, дыхание, перистальтика кишечника).

2. Ритмы средней частоты – от 30 мин до 6 сут включают:

а) ультрадианные – от 30 мин до 20 ч. Сюда относятся колебания главных компонентов мочи и крови с частотой одного цикла около 20 ч, повторение стадий быстрых движений глаз через каждые 90 мин сна, процессы секреции;

б) циркадианные (околосуточные) – от 20–28 ч. Они синхронизированы с вращением Земли вокруг оси, сменой дня и ночи (ритмы сон – бодрствование, суточные колебания различных физиологических параметров – температуры тела, артериального давления, частоты клеточных делений и др.). Эти ритмы наиболее устойчивые и сохраняются в течение жизни организма;

в) инфрадианные – от 28 ч до 6 сут. Эти ритмы наименее изучены (недельный ритм выделения с мочой некоторых гормонов).

3. Ритмы низкой частоты (от 7 дней и выше).

а) циркасептидианные – 7 дней (околонедельный);

б) циркавигинтидианные – 21 день;

в) циркатригинтидианные – 30 дней (лунный);

г) циркануальный – около 1 года;

д) макроритмы – обусловленные циклами солнечной активности с периодами 2 года, 3 года, 5 лет, 8 лет, 11 лет, 22 года, 35 лет;

е) мегаритмы – свыше 10 лет.

Низкочастотные ритмы процессов жизнедеятельности, так же как и суточные (циркадианные), широко представлены в организме и имеют связь с геофизическими и социальными факторами. В основе выделения каждого из биоритмов лежат четко регистрируемые колебания какого-либо функционального показателя. Например, околонедельному биоритму соответствует уровень выделения с мочой некоторых гормонов, околосекулярному – овариально-менструальный цикл у женщин, сезонным биоритмам – изменение продолжительности сна, мышечной силы, заболеваемости и др., околосекулярным – рост и физическое развитие детей, иммунитета. Мегаритмы проявляются в изменении численности популяций, видов животных, вспышках эпидемий.

В зависимости от уровней гомеостатических механизмов биоритмы человека можно подразделить на следующие классы (Моисеева Н. И., Сысуев В. М., 1981):

1. Биоритмы клеточных образований, клеток, тканей.

2. Биоритмы органов.

3. Организменные биоритмы.

4. Биоритмы популяций.

Частотные спектры разных уровней биоритмов в значительной степени перекрываются, однако существует общая тенденция к увеличению длины периодов по мере усложнения биологических систем.

С точки зрения взаимодействия организма и среды, выделяют два типа *колебательных процессов*:

1. Адаптивные ритмы (экологические), или биоритмы, то есть колебания с периодами, близкими к основным геофизическим циклам, роль которых заключается в адаптации организма к периодическим изменениям внешней среды.

2. Физиологические, или рабочие, ритмы, то есть колебания, отражающие деятельность физиологических систем организма (сердцебиение, дыхание и т. д.).

Период (частота) физиологического ритма может изменяться в широких пределах в зависимости от степени функциональной нагрузки. Период экологического ритма, напротив, сравнительно постоянен, закреплён генетически.

В биоритме всегда присутствуют *две компоненты* – экзогенная и эндогенная. *Экзогенная* компонента биоритма – это воздействие на организм любого внешнего фактора, *эндо-*

генная – обусловлена ритмическими процессами внутри организма. Эндогенный ритм непосредственно определяется генетической программой организма, которая реализуется через нервный и гуморальный механизмы.

Биоритмы имеют внутреннюю и внешнюю регуляцию.

Внутренняя регуляция биоритмов определяется функционированием так называемых *биологических часов*. Для объяснения эндогенных механизмов биологических часов предложено несколько гипотез.

1. «*Хрононгипотеза*» – была сформулирована К. Д. Ере и Е. А. Тракко. Согласно этой гипотезе механизм околосуточных ритмов связан с наследственным аппаратом клетки, в частности с определенными участками дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК).

2. «*Мембранная теория*». Согласно данной теории цикличность наблюдаемых процессов регулируется состоянием липидно-белковых мембран и их проницаемостью для ионов калия, которая периодически изменяется. Мембранные структуры клетки, обладая рецепторными свойствами, контролируют биоритмы, связанные с фотопериодизмом и действием температурных факторов.

3. «*Мультиосцилляторная модель*». Считается, что в организме существуют собственные биологические осцилляторы (пейсмекеры) и наблюдаемые периоды ритмов отражают работу биологических. Источником такой активности является энергия метаболизма. Биологических часов в организме много (к настоящему времени у человека обнаружено более 300, ритмически меняющихся с периодом около 24 ч физиологических функций).

В настоящее время общепризнано, что циркадианная система организма строится по мультиосцилляторному принципу, согласно которому автономные генераторы суточных ритмов объединяются в несколько групп сцепленных осцилляторов, относительно независимых друг от друга, но имеющих иерархическую соподчиненность и синхронизированных по фазе и периоду. Что касается механизма биологических часов, то уже не вызывает сомнения сам факт наличия клеточных пейсмекеров (генераторов ритма), способных генерировать автоколебания с околосуточным периодом (Гора Е. П., 1999).

Мультиосциллярный принцип организации повышает адаптивную пластичность организма, позволяя эффективно приспосабливаться к различным по временной организации условиям среды.

Согласно исследованиям Комарова Ф. И., (1989) в организме осцилляторы одного иерархического уровня функционируют параллельно, а разных уровней – последовательно (рис. 3).

Внутренняя регуляция биоритмов. Согласно современным представлениям, в организме действуют **биологические часы трех уровней** (Билибин Д. П., Фролов В. А., 2007).

Первый уровень связан с деятельностью *эпифиза*. Современные исследования показывают, что биологические ритмы находятся в строгой иерархической подчиненности основному водителю ритмов, расположенному в супрахиазматических ядрах гипоталамуса (СХЯ). Гормоном, доносящим информацию о ритмах, генерируемых СХЯ, до органов и тканей, является *мелатонин* (по химической структуре – индол), преимущественно продуцируемый эпифизом из триптофана. Мелатонин также продуцируется сетчаткой, цилиарным телом глаза, органами ЖКТ. Активация регуляторной деятельности эпифиза относительно биоритмов «запускается» сменой дня и ночи (входным «рецептором» являются, в том числе, и глаза, хотя и не только они).

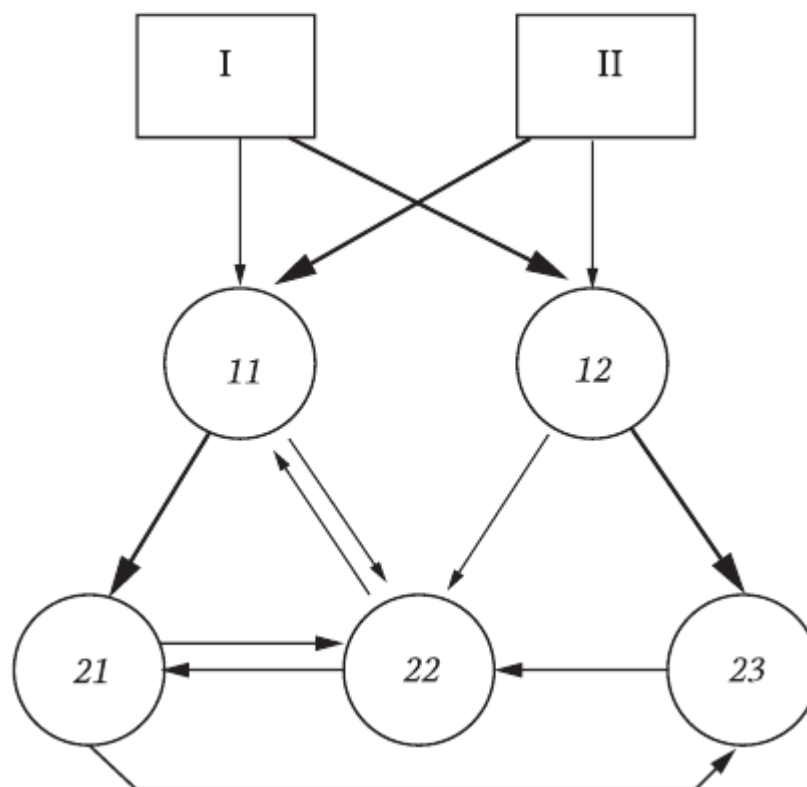


Рис. 3. Принцип взаимодействия осцилляторов:

I, II – природные синхронизаторы, внешние по отношению к организму; 11–23 – внутренние осцилляторы организма; первая фаза индекса – иерархический уровень, вторая – номер осциллятора на иерархическом уровне.

Толщина стрелок отражает силу влияния

Ритм продукции мелатонина эпифизом носит циркадианный характер и определяется СХЯ, импульсы из которого регулируют активность норадренергических нейронов верхних шейных ганглиев, чьи отростки достигают пинеалоцитов. Мелатонин является мессенджером не только основного эндогенного ритма, генерируемого СХЯ и синхронизирующего все остальные биологические ритмы организма, но также и корректором этого эндогенного ритма относительно ритмов окружающей среды. Следовательно, любые изменения его продукции, выходящие за рамки нормальных физиологических колебаний, способны привести к рассогласованию как собственно биологических ритмов организма между собой (*внутренний десинхронизм*), так и ритмов организма с ритмами окружающей среды (*внешний десинхронизм*).

Второй уровень биологических часов связан с *супраоптической* частью гипоталамуса, который с помощью так называемого субкомиссурального тела имеет связи с эпифизом. Через эту связь (а может быть, и гуморальным путем) гипоталамус получает «команды» от эпифиза и регулирует биоритмы далее. В эксперименте было показано, что разрушение супраоптической части гипоталамуса ведет к нарушению биоритмов.

Третий уровень биологических часов лежит на уровне *клеточных и субклеточных мембран*. По-видимому, какие-то участки мембран обладают хронорегуляторным действием. Об этом косвенно свидетельствуют факты о влиянии электрических и магнитных полей на мембраны, а через них и на биоритмы.

Таким образом, координирующую роль в синхронизации ритмов всех клеток многоклеточного организма играет гипоталамо-гипофизарная система (Билибин Д. П., Фролов В. А., 2007).

Внешняя регуляция биоритмов связана с вращением Земли вокруг своей оси, движением ее по околосолнечной орбите, с солнечной активностью, изменениями магнитного поля Земли и рядом других геофизических и космических факторов, причем среди экзогенных факторов, выполняющих функцию «датчиков времени», наиболее значимы свет, температура и периодически повторяющиеся социальные факторы (режим труда, отдыха, питания). Атмосферное давление и геомагнитное поле как датчики времени играют меньшую роль. Таким образом, у человека выделяется две группы внешних синхронизаторов – геофизические и социальные (Билибин Д. П., Фролов В. А., 2007).

Ярким примером формирования эндогенных ритмов под влиянием синхронизаторов внешней среды является влияние на новорожденного ребенка с его эндогенными ритмами таких синхронизаторов, как звук, свет, пища и т. д., а по мере развития ребенка усиливается роль социальных факторов. Сравнительно быстро у ребенка формируется суточный ритм физиологических процессов. Известный хронопедиатр Т. Хельбрюгге установил, что первые признаки суточной периодики выделения с мочой натрия и калия отмечаются на 4—20-й неделе, а креатинина и хлоридов – на 16–22-м месяце после рождения. На 2—3-й неделе происходит начало синхронизации с ритмом дня и ночи на протяжении суток такого показателя, как температура тела, а частота пульса – на 4—20-й неделе жизни ребенка.

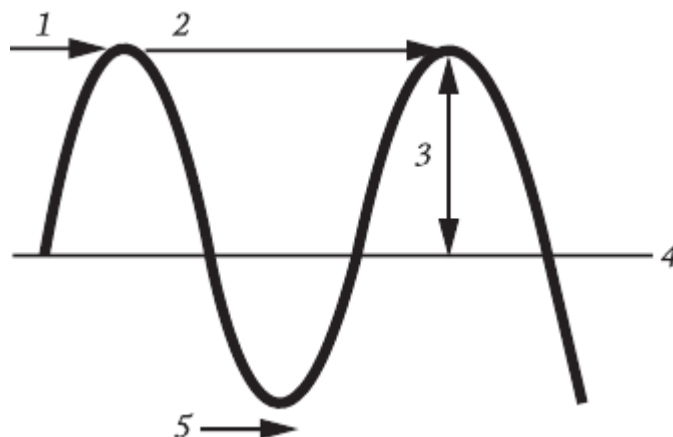


Рис. 4. Характеристика синусоиды (биоритма):

1 – акрофаза – наивысшая точка волны; 2 – период биоритма – интервал между вершинами волн; 3 – амплитуда – наибольшее отклонение сигнала от мезора; 4 – мезор – среднее значение сигнала (делит волну биоритма пополам); 5 – ортофаза (надир, батифаза) – низшая точка волны; 6 – частота – это количество циклов, совершающихся в единицу времени

Биоритмы в той или иной форме присущи всем живым организмам. В основе всякой ритмики лежит периодический волновой процесс. Простейшая кривая, описывающая биоритм, – синусоида.

Для характеристики волнового процесса используют целый ряд показателей: период, мезор (уровень), амплитуда, фаза (акрофаза, ортофаза), частота (рис. 4).

Выделяют четыре варианта изменений биоритмов:

Вариант 1 (норма). Индивидуальные диаграммы характеризуются положением мезора в зоне доверительного интервала нормы, акрофаза и амплитуда ритма соответствуют данным здорового человека. Наличие такого варианта суточного ритма указывает на сохранность временной организации физиологического процесса.

Вариант 2А. Положение акрофазы индивидуальной диаграммы в зоне доверительного интервала нормы. Амплитуда колебаний снижена относительно нормы на 30 %. Мезор близок к показателям нормы. Этот вариант отражает нарушения в процессах управления вре-

менной организации физиологических функций и свидетельствует о режиме перенапряжения.

Вариант 2Б. Амплитуда колебаний выше нормы на 30 %. Этот вариант свидетельствует о наличии активного поиска оптимального функционирования системы.

Вариант 3. Положение акрофазы биоритма выходит за пределы доверительного интервала нормы. Отличаются изменения амплитуды ритма в сторону как ее повышения, так и понижения. Эти изменения в показателях ритма указывают на временное расположение функций – десинхроноз.

Вариант 4. Индивидуальные диаграммы имеют вид низко амплитудных кривых. Амплитуда ритма не превышает 10–15 % от нормы – это крайнее проявление десинхроноза.

В процессе различных воздействий (лечебные или иные воздействия) могут происходить изменения в основных показателях биоритма. Совокупность этих изменений можно разделить на три качественных показателя (Оранский И. Е., 1988).

1. Изменения положительного характера:

а) возникновение ритма там, где он раньше отсутствовал;

б) нормализация количественных показателей – амплитуды и среднесуточного уровня.

Эти изменения расцениваются как проявления синхронизирующего эффекта.

2. Изменения отрицательного характера: дезорганизация ритма, резкое увеличение или уменьшение амплитуды колебаний и среднесуточного уровня. Эти изменения расцениваются как проявления десинхроноза.

3. Отсутствие изменений – это незначительные сдвиги в любом из показателей биоритма.

Из всего многообразия циклических процессов важное значение имеют суточные и сезонные ритмы. Это связано с тем, что суточная и сезонная периодичности присущи всем уровням биологической организации.

Рассмотрим вначале влияние на организм суточных ритмов. Наиболее ярким, с точки зрения ритмичности, феноменом Земли является чередование дня и ночи. Чередование света и темноты сопровождается синхронным изменением не только освещенности, но и температуры окружающей среды, а также гелиомагнитным излучением. Претерпевает изменения и спектральный состав света. Днем солнечный свет имеет максимум энергии в желто-зеленой, а свет неба – в фиолетово-голубой части спектра. В сумерки уменьшается освещенность, а вместе с нею уменьшается процент ультрафиолетовых лучей. Отчетливой изменчивостью отличается суточный ход температуры и влажности, наименьшей ритмичностью – атмосферное давление.

По данным Д. Ассмана (1966), понижение атмосферного давления оказывает возбуждающее действие на симпатическую нервную систему, повышает восприимчивость к инфекционным заболеваниям, подавляет настроение и снижает трудоспособность и повышение атмосферного давления, и напротив, вызывает возбуждение парасимпатической нервной системы. Приведенный пример показывает сложность и многогранность влияния природных факторов.

К настоящему времени у человека обнаружено более 300 ритмически меняющихся физиологических функций с периодом около 24 ч.

Впервые Франц Халберг (1959) ввел понятие циркадианных ритмов, то есть околосуточных. В настоящее время считается, что в свободно текущем состоянии период циркадианного ритма человека составляет $25,0 \pm 0,5$ ч и не зависит от того, выполняется ли тяжелая физическая работа или соблюдается постельный режим.

Основные суточные ритмы человека:

1. *Умственная и физическая работоспособность.* В часы дневного бодрствования человека уменьшается время реакции на зрительный и слуховой раздражители, увеличи-

вается скорость и точность переработки информации. Физический труд также эффективнее днем, чем ночью, так как днем координация движений, лабильность нервно-мышечного аппарата, сила мышц и их выносливость выше.

2. *Дыхание.* Суточные ритмы частоты, глубины и минутного объема дыхания у человека имеют максимумы в дневные часы, причем максимумы скорости вдоха и выдоха приходятся на вторую половину дня.

3. *Сердечно-сосудистая система.* Четкой суточной периодикой обладают все показатели функции кровообращения. Максимум частоты сердечных сокращений у человека в состоянии покоя приходится на вторую половину дня. Сократительная функция миокарда, ударный и минутный объем кровообращения, мощность сердечных сокращений – также выше в дневное время. Диастолическое давление нередко бывает выше ночью и утром. Реактивность кровеносных сосудов к суживающим и расширяющим агентам максимальна в дневное время.

4. *Метаболические процессы.* Один из показателей углеводно-липидного обмена, отношение потребляемого кислорода к выделяемому CO_2 , равен единице днем и понижается ночью. Повышенная способность организма к утилизации углеводов в первой половине дня проявляется в увеличении толерантности к нагрузке глюкозой. Максимальная мобилизация липидов отмечается вечером и ночью. Наибольшее содержание триглицеридов и холестерина в сыворотке крови наблюдается днем, а содержание в ней суммарной фракции липопротеидов низкой и очень низкой плотности – вечером. Для устойчивых биоритмов белкового обмена характерно преобладание катаболических процессов в период активности организма, и анаболических – во время покоя. Экскреция мочевины повышается днем. Показатели водно-электролитного обмена – выведение с мочой воды, натрия, калия, кальция, хлоридов и других неорганических веществ совпадает с периодом наибольшей активности организма.

Ведущую роль в координации всех этих циклических процессов играют циркадианные ритмы активности механизмов нервной и эндокринной регуляции. Практически все ее звенья (высшие отделы ЦНС, вегетативная нервная система, гипоталамическая секреция релизинг факторов, секреция гормонов гипофиза, функциональная реактивность периферических желез, емкость транспортной системы крови, метаболизм и т. д.) имеют свои биоритмы и определяют суточные колебания концентрации гормонов, запуская тем самым биоритмы других физиологических показателей. Это относится и к суточным колебаниям тонуса вегетативной нервной системы, тесно связанной со сменой фаз сна и бодрствования. При этом уровень адреналина, норадреналина и продуктов их обмена в моче и катехоламинов в крови выше днем, чем ночью.

Суточные ритмы активности гипофиза проявляются в колебаниях активности тропных гормонов. Максимум их секреции имеет место во время ночного сна. В первой половине ночи возрастает уровень тиреотропного гормона в крови. Колебания концентрации адренокортикотропного гормона характеризуются несколькими подъемами во второй половине ночи. Максимум содержания в крови гормонов, вырабатываемых периферическими эндокринными железами, или совпадают с повышением содержания тропных гормонов или отстает от него на 2–3 часа.

Например, концентрация глюкокортикоидов в плазме крови человека достигает максимума перед пробуждением, в этот же период времени нарастает и содержание в крови андрогенов. Концентрация тиреоидных гормонов наиболее максимальна во второй половине ночи, а концентрация альдостерона у человека выше в утренние часы.

Выраженные циркадные ритмы имеются также со стороны факторов иммунитета, в том числе фагоцитоза, содержания в крови Т- и В-лимфоцитов, активности комплемента.

Суточные колебания различных функций организма образуют единый ансамбль, в котором прослеживается строго упорядоченная последовательность в активизации поведенческих, физиологических и метаболических процессов. В основе временной координации ритмов лежит принцип, согласно которому колебания уровня функционирования различных систем организма, как правило, бывают синхронизированными по фазе с ритмами функциональных возможностей этих систем.

Условно суточный цикл можно разделить на три фазы, характеризующиеся преобладанием определенных эндокринных и метаболических процессов (Деряпа Н. Р. [и др.] 1985):

1-я фаза – восстановления, которая охватывает у человека первую половину сна. В эту фазу отмечается повышение секреции СТГ, пролактина, ТТГ, ЛГ, то есть гормонов с преимущественно анаболическим действием. Одновременно увеличивается митотическая активность клеток, которым свойственно непрерывное самообновление. Преобладание парасимпатических влияний в конце активного периода способствует накоплению гликогена в печени, который расходуется во время сна на биоэнергетические потребности организма при отсутствии внешних поступлений биоэнергетических субстратов. На ЭЭГ в этот период преобладают стадии медленно-волнового сна. Наряду со структурно-функциональным восстановлением первая половина сна играет важную роль в процессах долговременного запоминания информации, накопленной в активный период. Предполагают, что повышенная секреция СТГ во время медленно-волнового сна активизирует синтез белков в мозге и способствует формированию долговременной памяти.

2-я фаза – подготовки к активной деятельности, протекает во второй половине сна и в начале периода бодрствования. Этот период характеризуется увеличением доли парадоксальных стадий сна, которые играют важную роль в творческой переработке и упорядочивании накопленной информации. Синхронно с наступлением парадоксального сна увеличивается секреция АКТГ и кортикостероидов. Активация гипоталамо-гипофизарной системы реципрокно подавляет секрецию СТГ, ЛГ и ТТГ. Увеличение уровня кортикостероидов снижает митотическую активность клеток. В отличие от пептидных гормонов у стероидных гормонов многие метаболические эффекты реализуются после значительного латентного периода. Поэтому метаболические изменения, вызванные повышением уровня стероидных гормонов, наблюдаются только через 4–6 ч после пика концентрации глюкокортикоидов в крови.

3-й фаза – активности по нейрофизиологическим критериям, характеризуется высоким уровнем бодрствования, что выражается в преобладании высокочастотных ритмов ЭЭГ, повышенной нервной, моторной и вегетативной реактивности организма на внешние воздействия. В этот период характерно усиление функциональной активности симпатико-адреналовой системы. Гормоны и нейромедиаторы этой системы играют важную роль в стимуляции сердечной деятельности, мобилизации биоэнергетических субстратов в формировании эмоциональных реакций организма и улучшении процессов обучения. Адреналин и норадреналин существенно подавляют митотическую активность клеток.

Биологические ритмы, как и любое свойство организма, обладают индивидуальными особенностями. Разнообразие кривых суточного ритма определяется, с одной стороны, внешними условиями, с другой, – внутренними свойствами организма: состоянием здоровья, возрастом, конституциональными особенностями.

В приложении к человеку широкое распространение получила **биоритмологическая классификация**, основанная на индивидуальных различиях по фазам максимальной умственной и физической работоспособности. *Люди, относящиеся к утреннему типу («жаворонки»)*, предпочитают работать в первой половине дня, их суточные ритмы, прежде всего температура тела, имеют максимумы, существенные на более ранние часы относительно среднестатистических значений.

«Жаворонки» быстро засыпают и просыпаются примерно в одни и те же утренние часы независимо от времени отхода ко сну. При позднем засыпании у них значительно сокращается продолжительность сна, а по субъективным оценкам отличается ухудшением функционального состояния организма. *Люди, относящиеся к вечернему типу («совы»)*, наоборот, более работоспособны во второй половине дня и даже ночью. Максимум температурного режима у них смещен на более поздние часы. «Совы» засыпают более длительное время, но продолжительность сна у них всегда остается постоянной. Поэтому не зависимо от времени отхода ко сну они чувствуют себя хорошо отдохнувшими и сохраняют высокую работоспособность.

Немецкий исследователь Ф. Хамп в группе из 400 обследованных выявил у 52 % преобладание того или иного типа «деловой активности», из них 35 % он отнес к «вечерним» типам и 17 % – к «утренним». Наибольший процент лиц «утреннего» типа (28 %) он выявил среди служащих; среди работников умственного труда преобладали лица «вечернего» типа, тогда как среди рабочих, занятых физическим трудом, почти 50 % составили «аритмики».

При обследовании студентов одного из московских вузов было обнаружено, что 25 % из них предпочитают работать в утренние часы, более 30 % – в вечерние и даже ночные часы, а 45 % – одинаково эффективно трудятся в любое время. При анализе особенностей личности этих студентов выявлены существенные различия. Представители группы «утреннего» типа были энергичными людьми, они охотно следовали принятым взглядам, общественным нормам. У этих студентов неудачи легко вызвали сомнения в собственных силах, появлялись тревога и волнения, стремительно падали настроение и предприимчивость. Студенты этой группы стремились избегать различных конфликтов, неприятных разговоров. Студенты из группы «вечернего» типа также обладали высокой активностью, но, в отличие от «утренних», легко забывали все неудачи и неприятности. Их не пугали возможные трудности, конфликты и эмоциональные проблемы. «Аритмики» занимали промежуточное положение, но были ближе к лицам «утреннего» типа. У людей «утреннего» типа чаще наблюдалось повышенное артериальное давление, по сравнению с людьми «вечернего» типа.

Сезонные ритмы. Биологические колебания с периодом, равным одному году (циркадуальные), называют сезонными ритмами. Их целевой функцией является приспособление организма к изменениям условий внешней среды в различные сезоны года. В основе циркадуальных ритмов лежит *комплекс внешних и внутренних причин*, которые можно объединить в три группы, различающиеся по механизму действия (Деряпа Н. Р., 1985):

1. *Адаптивные изменения функционального состояния организма*, направленные на компенсацию годовых колебаний основных параметров окружающей среды, и прежде всего температуры, а также качественного и количественного состава пищи.

2. *Реакции на сигнальные факторы среды* – продолжительность светлого дня, напряженность геомагнитного поля, некоторые химические компоненты пищи, факторы среды, играющие роль сезонных «датчиков» времени, способны вызывать значительные морфофункциональные перестройки организма, которые, однако, не связаны с приспособлением к действию именно этих факторов.

3. *Эндогенные механизмы сезонных биоритмов.* Действие этих механизмов носит адаптивный характер, обеспечивающий полноценное приспособление организма к циклическим изменениям параметров окружающей среды.

Репродуктивная функция. Ведущую роль в осуществлении сезонных биоритмов репродуктивной функции играют эпифиз и гипоталамо-гипофизарная система. С удлинением ночи происходит увеличение выработки мелатонина эпифизом, который, в свою очередь, приводит к угнетению гонадотропной функции гипоталамо-гипофизарной системы.

Обмен веществ. У человека при свободном выборе продуктов питания общая калорийность пищи возрастает в осенне-зимний период. При этом летом увеличивается потребление

ние углеводов, а зимой – жиров. Последнее приводит к возрастанию в крови общих липидов, триглицеридов и свободных жиров, наблюдается возрастание уровня потребления кислорода и снижение теплоотдачи с поверхности тела в холодное время года. Возрастание функциональной активности симпатoadреналовой системы в зимние месяцы сопровождается увеличением частоты сокращений сердца, снижением концентрации натрия в слюне, выделения адреналина и норадреналина в тканях организма, характерно возрастание в крови концентрации тропных гормонов гипофиза – весной, а тестостерона – во второй половине лета и начале осени. Глюкокортикоидная функция надпочечников минимальна летом. Функция ренин-ангиотензин-альдостероновой системы максимальна в весенние месяцы, а функциональная активность щитовидной железы – в зимнее.

Функциональная активность системы кровообращения совпадает с сезонными колебаниями энергетического обмена. Наряду с частотой сердечных сокращений в зимнее время у практически здоровых людей отмечены наибольшие показатели артериального давления и сократительной функции миокарда.

1.4. Классификация факторов риска окружающей среды для здоровья населения

В последние годы проблема установления связи между воздействием факторов окружающей среды и состоянием здоровья населения выдвинулась в число наиболее актуальных и сложных проблем клинической и фундаментальной медицины. Одним из важных аспектов данной проблемы является усиление внимания к расшифровке этиологической обусловленности заболеваний человека, выявлению факторов риска нарушений состояний здоровья у отдельного индивидуума, определенных групп лиц и населения в целом.

Принято считать, что здоровье человека определяется сложным воздействием целого ряда факторов: наследственность, образ и качество жизни, а также качество окружающей среды.

Вклад каждого из этих факторов в развитие заболеваний очень изменчив и зависит от анализируемого вида заболеваний. По мнению экспертов ВОЗ (1997), 23 % всех заболеваний и 25 % всех случаев рака обусловлены воздействием факторов окружающей среды. Вклад в риск развития нарушений состояния здоровья населения не постоянен и зависит от вида анализируемых нарушений, конкретных географических, экономических и многих других особенностей исследуемого региона. По данным Ю. П. Лисицына и соавт. (1987), средний удельный вес влияния отдельных факторов на состояние здоровья населения составляет:

- образ жизни (курение, употребление алкоголя, наркотиков, злоупотребление лекарствами, характер питания, условия труда, гиподинамия, материально-бытовые условия, семейное положение и др.) – 49–53 %;
- генетические и биологические факторы – 18–22 %;
- состояние здравоохранения (современность и качество медицинской помощи, эффективность профилактических мероприятий) – 8–10 %;
- окружающая среда (природно-климатические факторы, качество объектов окружающей среды) – 17–20 %.

В условиях крупных городов реальные нагрузки на состояние здоровья населения составляют: социальные факторы и образ жизни – 30,2 %, биологические факторы – 11 %, городская и внутрижилищная среда – 16,5 %, производственная среда – 18,5 % (Губернский Ю. Д. [и др.], 1985).

На практике выявление точного вклада того или иного фактора в развитие заболевания, в силу их сложных взаимодействий между собой, нередко представляет очень трудную задачу. Например, результаты исследований по проекту генома человека показали, что существуют более 200 генов, контролирующих восприимчивость человека к заболеваниям, связанным с воздействием факторов окружающей среды. Индивидуальные различия в чувствительности к большинству ранее изученных вредных факторов, как правило, не превышают 5–10 раз, в то время как к действию канцерогенов чувствительность индивидуумов может различаться в тысячи раз.

Выявление роли тех или иных воздействий факторов окружающей среды в нарушении состояния здоровья населения затруднено огромным многообразием потенциально вредных факторов, с которыми контактирует человек в условиях населенных мест и в производственных условиях. Так, по данным Службы химической информации США (CAS) в мире к 2002 г. было зарегистрировано свыше 35 миллионов химических соединений и некоторые из них могут представлять потенциальную угрозу для здоровья человека. Кроме того, выявление вклада факторов окружающей среды в возникновение заболеваний у человека нередко затрудняется большим числом вызываемых ими вредных эффектов, многие из кото-

рых встречаются среди населения и без воздействия анализируемых факторов окружающей среды.

Фактор окружающей среды может играть различную роль в возникновении заболевания:

- выступать как этиологический фактор (болезнь Минамата, итай-итай и т. д.);
- как фактор риска, то есть такой компонент этиологии, который, хотя и важен для развития и прогрессирования заболевания (например, атеросклероза, гипертонической болезни и т. д.), однако сам по себе при отсутствии других условий (например, генетической предрасположенности, измененного статуса организма) не способен вызвать заболевание у конкретного человека.

Соотношения между воздействием факторов окружающей среды и нарушениями состояния здоровья могут иметь разный характер:

- факт воздействия необходим и достаточен для возникновения заболевания (например, укус человека больной собакой – риск развития бешенства);

- воздействие может быть необходимым, но не достаточным для развития заболевания. Например, согласно современным представлениям механизм химического канцерогенеза включает несколько последовательных стадий:

- а) *инициации* (первичное повреждение клетки);
- б) *промоции* (преобразование инициированных клеток в опухолевые);
- в) *прогрессии* (злокачественный рост и метастазирование).

Если химическое вещество обладает только промоторными или только иницирующими свойствами, то этого недостаточно для развития рака;

- воздействие достаточно, но не необходимо для развития заболевания. Например, воздействие бензола способно вызвать развитие лейкоза, однако лейкоз может возникнуть и без воздействия этого вещества.

Любой человек в своей повседневной жизни сталкивается с очень большим числом разнообразных факторов риска, часть из которых является добровольными, а часть вынужденными, навязываемыми другими людьми или государством в целом.

Здоровье человека определяется его динамическим равновесием с окружающей средой. Окружающая среда включает понятие внешней и производственной среды. В более широком представлении под окружающей средой подразумевают биосферу.

В настоящее время одним из наиболее доступных и распространенных направлений изучения различных аспектов воздействия окружающей среды на здоровье населения является факторный подход, то есть сосредоточение внимания на факторах риска, непосредственно ведущих к экологически зависимым и экологически обусловленным заболеваниям.

В большинстве стран мира потенциал здоровья населения принято характеризовать *системой статистических показателей*, включающих:

- демографические показатели: рождаемость, смертность (общая, перинатальная, младенческая, по возрастной, по отдельным причинам), естественный прирост населения, продолжительность жизни;
- заболеваемость: общая, по отдельным классам, группам, болезням, отдельных возрастных групп, с временной утратой трудоспособности, профессиональная, инфекционная, неинфекционная и др.;
- физическое развитие: всего населения или отдельных возрастных групп;
- группы здоровья;
- инвалидность.

В международной практике для оценки здоровья используются и другие показатели. Например, показатели, которые характеризуют условия, обуславливающие возникновение заболеваний. К последним относятся факторы риска: низкий вес при рождении, ожирение,

короткие промежутки между родами, низкий уровень охвата иммунизацией, курение, злоупотребление алкоголем и лекарствами.

В формировании и развитии важнейших социально значимых заболеваний огромную роль играют факторы риска образа жизни и среды обитания.

Социальная обусловленность заболеваемости подтверждается многочисленными медико-социальными исследованиями. Как считает академик РАМН Ю. П. Лисицын (2002), заболеваемость населения обусловлена: на 50 % и более условиями и образом жизни, на 20–25 % – состоянием (загрязнением) внешней среды, на 20 % – генетическими факторами и на 10–15 % – состоянием здравоохранения.

Факторы риска – это потенциально опасные для здоровья факторы поведенческого, биологического, генетического, экологического, социального характера окружающей и производственной среды, повышающие вероятность развития заболеваний, их прогрессирование и неблагоприятный исход. В отличие от непосредственных причин заболеваний (причинных факторов: бактерий, вирусов и т. д.) факторы риска действуют опосредованно, создают неблагоприятный фон для развития болезней.

Все многообразие факторов риска, влияющих на здоровье, можно разделить на две основные группы: внутренние – эндогенные (генетически обусловленные) и внешние – экзогенные (природные и социальные). Определяющими действие остальных являются факторы социального порядка, но все факторы взаимосвязаны (Петрова Н. А., 1985). Поэтому деление на внутренние и внешние факторы является чисто условным.

Идентифицирован ряд специфических генов, являющихся факторами риска таких заболеваний, как рак толстой кишки, остеопороз, боковой амиотрофический склероз, спондилоартрит. Другие факторы риска, такие как химические вещества и возбудители инфекций, находятся в окружающей среде. Ряд факторов является частью социального окружения. Установлено, что эмоциональные нагрузки, обусловленные потерей супруга, изменениями образа жизни или неустроенностью в быту, повышают частоту соматических и психических заболеваний. Некоторые из наиболее значимых факторов риска относятся к сфере поведения человека: курение, употребление наркотиков, избыточное потребление алкоголя и т. д.

Согласно другой классификации выделяют:

1. Социально-экономические факторы (условия труда, жилищные условия, материальное благосостояние и т. д.).
2. Социально-биологические факторы (возраст родителей, пол, течение антенатального периода и т. д.).
3. Экологические и природно-климатические факторы (загрязнение среды обитания, среднегодовая температура, уровень солнечной радиации и т. д.).
4. Организационные и медицинские факторы (качество медицинской помощи, доступность медико-социальной помощи и т. д.).

Согласно **классификации Келлера А. А. (1993)** выделяют:

I. Факторы риска:

1) природные:

а) абиотические:

- климато-метеорологические (температура, движение воздуха, осадки, ливни, ураганы, засухи);
- орографические (разряжение атмосферы, лавины, оползни, сели);
- геофизические (геомагнитные бури, землетрясения, цунами, гравитационные и тепловые аномалии, гелио-земные воздействия);
- гидрографические (наводнения, заболачивание, осушение, подтопление, источники водоснабжения, состав поверхностных и подземных вод, способность их к самоочищению и переносу загрязнений);

- геологические (состав пород, тектонические разломы, радиация, радон, карст, полезные ископаемые);

- почвенные (микроэлементы, способность к самоочищению, пылеобразование, кислотно-щелочное равновесие, состав и структура);

- б) биотические:

- фауна (ядовитые и опасные животные, резервуары и переносчики возбудителей болезней, пищевые ресурсы);

- флора (ядовитые и лекарственные растения, пищевые ресурсы, очистка воздуха, биоиндикация экологических вредностей);

- микрофлора (воздуха, воды, почв, животных, растений, продуктов питания, объектов);

- биологические компоненты комплексов (токсины, белки, продукты обмена веществ);

- биоценозы (природные очаги болезней);

- 2) социально-экономические:

- население (демография, расселение, урбанизация, миграции, поло-возрастной и профессиональный состав, культура, образ жизни, обычаи, конфессии, материальное благополучие);

- территориальная организация общества, хозяйственное использование земель;

- физические загрязнения (воздуха, воды, почвы; радиация, электромагнитные поля, тепловое загрязнение, шум, аэрозоли);

- химическое загрязнение (воздуха, воды, почвы, растений, животных, продуктов питания, объектов);

- биологические факторы (микробные загрязнения воздуха, воды, почвы; паразиты человека, органические отходы, аллергены);

- промышленные и транспортные факторы (аварии, катастрофы, ДТП, грузопотоки);

- коммунально-бытовые факторы;

- санитарно-гигиеническое состояние и эпидемический статус;

- психотравмирующие факторы (стрессоры, экологическая утомляемость);

- медицинские и ветеринарные службы и инфраструктура;

- 3) комплексные:

- ландшафтные;

- зональные;

- планетарные;

- исторические;

- палеонтологические.

- II. Критерии:

- альтернативные (отсутствие, наличие; +, —);

- количественные (ПДК, ПДУ, ПДВ, ПДС, ОБУВ, нормативы, показатели и др.);

- полуколичественные (ранговые): балльные или сравнительные (хорошие, удовлетворительные, плохие, экстремальные и т. п.);

- комплексные (ландшафтные, медико-географические, интегральные показатели состояния здоровья и среды).

По периодичности действия на людей факторы риска окружающей среды можно разделить на:

- относительно постоянно действующие (пониженное атмосферное давление в горах, загазованность атмосферы в крупных городах, тепловые аномалии);

- периодически повторяющиеся циклические (циклы солнечной активности, сезонность природных явлений, биологические ритмы, смена поколений, пандемии и эпидемии);

- нарастающие или угасающие (демографический и эпидемиологический переходные периоды, истощение ресурсов растительного и животного мира, опустынивание и т. д.);
- ациклические (землетрясения, цунами, промышленные катастрофы).

По устранимости влияния факторов риска на жизнедеятельность людей их можно делить на:

- устранимые;
- трудноустранимые;
- частично устранимые;
- неустранимые.

Оценка устранимости отрицательного воздействия факторов на здоровье людей приобретает особенно важное значение при разработке проектов и планов освоения новых районов. Устранение (или ослабление) отрицательного воздействия факторов окружающей среды в ряде случаев достигается с помощью инженерно-технических мер и средств, систем жизнеобеспечения, путем социальной адаптации. Например, многолетняя мерзлота преодолевается с помощью строительства свайных конструкций, консервации мерзлоты теплоизолирующими «подушками» из щебенки и т. д. Против половодий и селей создаются специальные дамбы, плотины, преграды. В сейсмически опасных районах ведется строительство зданий, обеспечивающее их устойчивость при землетрясениях и т. д. (Келлер А. А., Кувакин В. И., 1998).

По отношению к здоровью человека действие (характер влияния) внешних факторов может быть:

- безразличным (индифферентным);
- благоприятным;
- неблагоприятным.

При действии на организм нескольких факторов риска возможно их взаимодействие:

- антагонистическое – ослабление действия одного фактора другим;
- суммированное (аддитивное) – взаимодействие, при котором общий эффект действия всех факторов равен сумме эффектов каждого из них;
- потенцированное (синергизм) – усиление действия одного фактора другими факторами, более значительное, чем суммирование раздельного воздействия этих факторов.

Действие факторов риска на человека является сугубо индивидуальным, и вероятность развития того или иного заболевания зависит от адаптационных возможностей организма.

Единым для всех является развитие неспецифической адаптационной реакции с формированием определенных донозологических состояний. Таким образом, все факторы окружающей среды и образа жизни человека, вызывающие неспецифические адаптационные реакции организма и ведущие к снижению его адаптационных возможностей, могут рассматриваться как факторы риска дезадаптации.

Факторы риска развития дезадаптации одновременно являются и факторами риска развития заболеваний, поскольку последние представляют собой следствие нарушения гомеостаза и срыва адаптационных механизмов.

Заболевания возникают путем перехода донозологических состояний в преморбидные, а затем в нозологические. При воздействии факторов риска окружающей среды возможно возникновение различных неоднородных эффектов (Вельтищев Ю. Е., 1998), в том числе:

- *генотоксического эффекта*, проявляющегося в нарушении структуры и процессов репарации ДНК. В постнатальном периоде мутации генов соматических клеток могут быть основой развития аутоиммунных, воспалительных, фибропластических, дегенеративных процессов в различных органах либо вести к злокачественной трансформации клеток;

– *ферментопатического действия* в виде угнетения или активации ферментных систем. Повреждение ферментов антиоксидантной защиты ведет к патологическим реакциям в тканях при контакте с токсичными радикалами;

– *мембранопатологическое действие* химических поллютантов, которое ведет к повреждению молекулярных сигналов межклеточного взаимодействия;

– *метаболических нарушений*, в результате которых происходит раздражение слизистых оболочек дыхательных путей, угнетение системы местного иммунитета;

– *канцерогенного эффекта*, проявляющегося через 15–20 лет после начала контакта с вредным фактором.

Особую опасность представляют отдаленные последствия воздействия химических и физических факторов окружающей среды:

– гонадотоксическое;

– бластомогенное;

– мутагенное;

– эмбриотоксическое;

– тератогенное.

Важную роль в снижении влияния факторов риска на состояние здоровья играет их профилактика.

Под профилактикой понимают комплекс разнообразных мероприятий, направленных на предупреждение заболеваний или снижение риска заболеваемости. С учетом целей и задач профилактики принято делить на первичную, вторичную и третичную.

Основной целью **первичной профилактики** является предупреждение (снижение) заболеваемости путем воздействия на ее причины и условия, на факторы риска. При этом она может носить общепопуляционный (сплошной) характер, а в отдельных случаях – узконаправленный. Примером первой являются мероприятия по формированию здорового образа жизни, второй – мероприятия на территории риска и в периоды риска.

Вторичная профилактика имеет целью предотвращение болезней и ее последствий через раннюю диагностику и своевременное лечение. Речь идет о проведении массовых профилактических осмотров (обследований) и использовании скрининг-тестов. Ее главной задачей является раннее выявление заболеваний в процессе диспансеризации, определение групп риска и проведение лечебных и лечебно-оздоровительных мероприятий на индивидуально-групповом уровне.

Третичная профилактика включает в себя комплекс мероприятий по сдерживанию прогрессирования развившихся заболеваний и предотвращению рецидивов на основании широкого использования методов терапии и реабилитации.

Характер и степень выраженности факторов риска в окружающей среде определяют остроту медико-экологической ситуации.

1.5. Атмосферные факторы и их влияние на организм человека

В процессе своей жизнедеятельности человек постоянно соприкасается со многими факторами внешней среды, и эти факторы, естественно, оказывают на организм человека определенное влияние. Одним из таких факторов является воздушная среда. Воздух играет самую важную роль в повседневном обмене веществ в организме человека. Человек может в течение длительного времени существовать без пищи и воды, но без воздуха никто не проживет более нескольких минут. Поэтому важнейшим условием здоровой окружающей среды является наличие чистого и комфортного по своим характеристикам воздуха.

Показателями качества воздуха являются: физические свойства (температура, влажность, скорость движения, барометрическое давление, электрическое состояние и радиоактивность), химический и бактериальный состав. На качество воздуха влияют такие факторы, как: высота над уровнем моря, характер подстилающей поверхности, хозяйственная и производственная деятельность человека.

Рассмотрим химический состав атмосферного воздуха и влияние его составных частей на организм человека.

Воздух, составляя земную атмосферу, состоит из смеси газов, водяного пара и аэрозолей. В нижней части атмосферы сухой воздух содержит: азота – 78 %; кислорода – 20,9 %, аргона – 0,9 %, углекислого газа – 0,05 %, следы метана, криптона, водорода и др. Следует отметить, что химический состав воздуха мало меняется в зависимости от высоты воздушного слоя. Так, на высоте 28 км в воздухе содержится 20,39 % кислорода (на уровне моря – 20,9 %).

Азот (N_2). Считают, что азот – газ индифферентный и в воздухе играет роль наполнителя. Однако такое представление является правильным лишь при нормальном давлении. При вдыхании воздуха под повышенным давлением азот начинает оказывать наркотическое действие. Наиболее отчетливо его действие проявляется при давлении воздуха 9 и более атмосфер. Это имеет большое значение, так как при работе водолазов на больших глубинах воздух им приходится подавать под высоким давлением, иногда превышающим 10 атм. При работе в таких условиях в поведении водолазов отмечается беспричинная веселость, нарушение координации движений, излишняя болтливость и другие проявления наступившей эйфории. Это и есть проявления наркотического действия азота. В настоящее время водолазы на больших глубинах для дыхания пользуются не воздухом, а специально приготовленной гелиево-кислородной смесью, то есть азот в воздухе заменяют более инертным газом (Пивоваров Ю. П., 1999).

Кислород (O_2). Наиболее важным компонентом в составе воздуха является кислород. Кислород необходим для поддержания процессов горения, тления и других окислительных процессов, происходящих в природе, которые обеспечивают существование жизни на Земле. Кислород в атмосфере содержится главным образом в молекулярном виде (O_2), под влиянием ионизирующего излучения и электрических разрядов молний в воздухе появляется кислород атомарный (O) и трехатомный (O_3 – озон). Озоновый слой располагается на высоте 45–50 км от поверхности земли в стратосфере. Он задерживает коротковолновую часть ультрафиолетового спектра (с длиной волны короче 280 нм), предохраняя живые организмы от гибели.

Парциальное давление кислорода составляет – 160 мм рт. ст. Из всех химических факторов воздуха абсолютное значение для жизни имеет кислород. Все окислительные процессы в организме происходят при его непосредственном участии. Отклонения в парциаль-

ном давлении и количественном отношении кислорода вызывают значительные нарушения окислительно-восстановительных процессов в организме, что наблюдается при различных патологических состояниях. При этом весьма важно установить, до какой степени возможно снижение количества кислорода в воздухе без нарушения физиологических функций организма. Естественно, что какие-то колебания в содержании кислорода в воздухе организмом переносятся довольно безболезненно, так как организм обладает довольно мощными компенсаторными возможностями. Опытным путем установлено, что снижение количества кислорода во вдыхаемом воздухе до 16 и даже 15 % (при нормальном давлении) переносится организмом довольно безболезненно, хотя компенсаторные механизмы при этом находятся в состоянии напряжения (усиление легочной вентиляции, сердечной деятельности и др.). Кратковременно человек может просуществовать даже в атмосфере с содержанием кислорода около 10 %, а хорошо тренированные к кислородной недостаточности люди (летчики) – до 8–7 %. Естественно, что при этом компенсаторные механизмы организма находятся в крайней степени напряжения. Дальнейшее снижение содержания кислорода во вдыхаемом воздухе приводит к быстрому истощению компенсаторных механизмов организма и его гибели. Особенно чувствительна к недостатку кислорода центральная нервная система. Компенсация организмом кислородной недостаточности происходит за счет усиления легочной вентиляции (учащение и углубление дыхательных движений); усиления циркуляции крови (увеличение систолического объема сердечных сокращений и увеличение их частоты); увеличения количества циркулирующей крови (за счет выхода ее из депо); увеличения количества форменных элементов крови, обеспечивающих функцию транспортировки кислорода (увеличение числа эритроцитов и гемоглобина в крови) и т. д.

Вдыхание воздуха с повышенным содержанием кислорода переносится организмом человека хорошо. Вдыхание даже чистого кислорода (при нормальном давлении) не приводит к возникновению патологических изменений в организме. Лишь при длительном дыхании чистым кислородом отмечается некоторое высушивающее действие его на слизистые оболочки дыхательных путей, что может привести к их раздражению и возникновению воспалительных явлений. Вдыхание же чистого кислорода под повышенным давлением (3–4 атм. и более) приводит к патологическим явлениям со стороны центральной нервной системы, проявляющимся в виде судорог (кислородная интоксикация). При обычных условиях жизни такие явления не встречаются, а могут возникнуть при использовании кислородной аппаратуры в случае ее неисправности (подводные погружения) (Пивоваров Ю. П., 1999).

Углекислый газ (CO₂). Углекислого газа в воздухе весьма мало: в атмосферном воздухе всего 0,04–0,05 %, а в воздухе помещений – до десятых долей процента. Однако он имеет очень большое значение.

Для воздуха помещений содержание углекислого газа имеет санитарно-показательное значение. В помещениях, где находятся люди, в воздух поступают разнообразные продукты жизнедеятельности человеческого организма: выдыхаемый воздух, насыщенный углекислотой и водяными парами; испарения с поверхности кожи и слизистых оболочек дыхательных путей, в составе которых присутствуют продукты разложения слизи, пота, кожного жира и т. д. В результате в воздухе увеличивается концентрация углекислоты, появляются аммиак, альдегиды, кетоны и другие дурно пахнущие газы, увеличивается влажность, пылевая и микробная загрязненность воздуха, что в целом характеризуется как душный (жилой) воздух, оказывающий влияние на самочувствие, работоспособность и здоровье людей. По концентрации углекислоты в таком воздухе можно определить степень общей его загрязненности. Поэтому углекислый газ служит санитарным показателем чистоты воздуха в жилых и общественных помещениях. Воздух считается свежим, если концентрация углекислоты в нем не

превышает 0,1 %. Эта величина и считается предельно допустимой для воздуха в жилых и общественных помещениях.

Если концентрация углекислого газа во вдыхаемом воздухе превышает 3 %, то существование в такой атмосфере становится опасным для здоровья. Концентрация CO_2 порядка 10 % считается опасной для жизни (потеря сознания наступает через несколько минут дыхания таким воздухом). При концентрации 20 % происходит паралич дыхательного центра в течение нескольких секунд (Пивоваров Ю. П., 1999).

Физические свойства воздуха

Атмосферное давление измеряется в миллибарах (мбар) или миллиметрах ртутного столба (мм рт. ст.) $1000 \text{ мбар} = 750,1 \text{ мм рт. ст.}$ В средних широтах на уровне моря давление воздуха составляет 760 мм рт. ст. По мере подъема давление снижается на 1 мм рт. ст. на каждые 11 м. Давление воздуха характеризуется сильными периодическими колебаниями, которые связаны с изменениями погоды, при этом колебания давления достигают 10–20 мбар. Слабым изменением давления считается понижение или повышение его среднесуточной величины на 1–4 мбар, умеренным – 5–8 мбар, резким – более 8 мбар.

На поверхность земли и на все предметы, находящиеся у ее поверхности, воздух создает давление, равное 1033 г/см^2 . Следовательно, на всю поверхность тела человека, имеющего площадь $1,6\text{--}1,8 \text{ м}^2$, этот воздух, соответственно, оказывает давление порядка 16–18 т. Обычно мы этого не ощущаем, поскольку под таким же давлением газы растворены в жидкостях и тканях организма и изнутри уравнивают внешнее давление на поверхность тела. Однако при изменении внешнего атмосферного давления в силу погодных условий для уравнивания его изнутри требуется некоторое время, необходимое для увеличения или снижения количества газов, растворенных в организме. Меняющееся давление в придаточных полостях черепа способствует кровообращению в мозге. Изменения разности давлений между внешней средой и замкнутыми полостями тела сказываются на состоянии человека. В течение этого времени человек может ощущать некоторое чувство дискомфорта, поскольку при изменении атмосферного давления всего на несколько миллиметров ртутного столба общее давление на поверхность тела изменяется на десятки килограммов. Особенно отчетливо ощущают эти изменения люди, страдающие хроническими заболеваниями костно-мышечного аппарата, сердечно-сосудистой системы и др. Понижение атмосферного давления действует на симпатическую нервную систему, подавляет настроение, снижает работоспособность, повышает восприимчивость к инфекционным заболеваниям. Наоборот его повышение возбуждает в большей степени парасимпатическую нервную систему (Алексеев С. В. [и др.], 2002).

Кроме того, с изменением барометрического давления человек может встретиться в процессе своей деятельности: при подъеме на высоту, при водолазных, кессонных работах и т. д. Поэтому врачам необходимо знать, какое влияние оказывает на организм как понижение, так и повышение атмосферного давления.

Движение воздуха. В результате неравномерного нагревания земной поверхности создаются места с повышенным и пониженным атмосферным давлением, что, в свою очередь, приводит к перемещению воздушных масс (ветру). Ветер характеризуется направлением, силой и скоростью. Направление ветра определяется той стороной света, откуда он дует. Скорость или сила ветра измеряется узлами, баллами или метрами в секунду.

Причиной ветра является разница в давлении: воздух перемещается из области с высоким давлением в места с низким давлением. Чем больше разница в давлении, тем сильнее ветер. Резкое кратковременное усиление ветра до 20 м/с и выше называется шквалом.

Наибольшим действием на центральную нервную систему обладает скорость ветра и парциальное давление. Известно, что усиление ветра может способствовать повышению возбудимости ЦНС, вызывать головные боли, ощущение тревоги и страха. Особенно это проявляется у лиц с функциональными расстройствами ЦНС (Андропова Т. И. [и др.], 1982).

При увеличении скорости ветра свыше 8 м/с увеличивается активность сывороточных холинэстераз, падает экскреция с мочой адреналина и 17-оксикортикостероидов (Толокнов В. А., 1997).

Однако умеренный ветер (до 4 м/с) оказывает тонизирующее влияние. При низких температурах ветер усиливает теплоотдачу, что может привести к переохлаждению организма.

Чем ниже температура, тем тяжелее переносится ветер. В жаркое время ветер усиливает испарение и улучшает самочувствие.

Влажность воздуха зависит от нахождения в нем воды в молекулярном и аэрозольном состоянии (водяной пар). Максимальная плотность водяного пара в данном объеме при данной температуре соответствует абсолютной влажности. Фактическое отклонение содержания водяного пара при данной температуре к возможному максимальному насыщению обозначается как относительная влажность и выражается в процентах. В метеосводках обычно указывается относительная влажность, так как ее изменение может непосредственно ощущаться человеком. Воздух считается сухим при влажности до 55 %, умеренно сухим – при 56–74 %, влажным при 75–85 %, очень влажным – выше 85 %.

Влажность воздуха в сочетании с температурой оказывают выраженное влияние на организм. Наиболее благоприятны для человека условия, при которых относительная влажность равна 50–60 %, а температура 16–18 °С. У человека умеренная влажность способствует увлажнению кожи и слизистых оболочек дыхательных путей. Сочетаясь с температурой, влажность воздуха создает условия термического комфорта или нарушает его, способствуя переохлаждению или перегреванию организма.

Состояние нервной системы находится в зависимости от колебаний влажности воздуха. Значительная сухость воздуха вызывает раздражение органов дыхания и нервной системы. Имеются данные о том, что снижение относительной влажности воздуха (ниже 50 %) способствует нарушению ионного равновесия в организме с преобладанием положительно заряженных ионов (Ленихен Дж., Флетчер У., 1979). Катионы вызывают высвобождение из тромбоцитов биологически активных веществ (серотонин, гепарин), которые могут стать пусковым механизмом различных неблагоприятных состояний: головной боли, депрессии, чрезмерного утомления, раздражительности и даже расстройства психики. Сухой воздух раздражает слизистую бронхо-легочных путей, провоцируя выделение вязкой слизи как защитного механизма (Хитров Н. К., Салтыков А. Б., 1997).

Значительное повышение относительной влажности воздуха также может привести к неблагоприятным реакциям нервной системы. При повышении влажности воздуха, препятствующем испарению, тяжело переносится жара и усиливается действие холода, способствуя большей потере тепла путем проведения. Холод и жара в сухом климате переносятся легче, чем во влажном. При понижении температуры содержащаяся в воздухе влага конденсируется, образуется туман. Это возможно также при смешении теплого влажного воздуха с холодным и влажным. В промышленных районах туман может поглощать токсические газы, которые, вступая в химическую реакцию с водой, образуют сернистые вещества. Это может привести к массовым отравлениям населения.

Температура воздуха определяется преимущественно солнечной радиацией. Нагревание воздуха происходит путем передачи ему тепла с земной поверхности, поглощающей солнечные лучи. Слабым похолоданием или потеплением считается изменение среднесуточной температуры на 1...2 °С, умеренным похолоданием или потеплением – на 3...4 °С, резким – более 4 °С. Зона температурного комфорта для здорового человека в легкой одежде

в спокойном состоянии при умеренной влажности и неподвижности воздуха находится в пределах 17–22 °С.

Температура оказывает существенное влияние на состояние организма человека. Известно, что особенностью действия низких температур (от 8 °С) на организм в покое является торможение терморегулирующих реакций, что проявляется уменьшением чувствительности холодовых рецепторов, повышением порога холодового ощущения, сужением кожных сосудов, уменьшением кровоснабжения кожи, уменьшением частоты пульса и лабильности кожных сосудов. При этом кожа охлаждается, разница между ее температурой и температурой окружающей среды сокращается, что уменьшает теплоотдачу. Местная и общая гипотермия способны вызвать воспаление стенок сосудов и нервных стволов, а также отморожение тканей, а при значительном охлаждении крови – замерзание. Общее переохлаждение способствует возникновению простудных и инфекционных заболеваний вследствие снижения общей резистентности организма. При раздражающем действии холода возможно временное расширение кожных сосудов.

Снижение температуры окружающей среды приводит к увеличению активности парасимпатической вегетативной нервной системы, что проявляется, в частности, снижением артериального давления (Андропова Т. И. [и др.], 1982).

Возбудимость нервной системы и выделение гормонов надпочечников значительно повышаются. Основной обмен и выработка тепла организмом увеличиваются.

При воздействии высоких температур воздуха на организм наблюдается расширение периферических сосудов, что увеличивает кровоснабжение кожи, происходит увеличение потоотделения, учащение дыхания (то есть включаются механизмы теплоотдачи). Кроме этого при значительном увеличении температуры (30...35 °С) будет иметь место некоторое снижение обмена веществ в тканях (снижение теплообразования).

Когда температура внешней среды достигает температуры крови (37...38 °С), возникают критические условия терморегуляции. При этом теплоотдача осуществляется только за счет потения. Если потение затруднено, например при высокой влажности окружающей среды, то происходит перегревание организма (гипертермия).

Выделяют два вида перегревания: гипертермия и судорожная болезнь. При гипертермии различают три степени: легкая, умеренная, тяжелая (тепловой удар). Судорожная болезнь возникает из-за резкого снижения в крови и тканях организма хлоридов, которые теряются при интенсивном потении.

Атмосферное электричество. Электрическое состояние атмосферы определяется напряженностью электрического поля, электропроводностью воздуха, ионизацией и электрическими разрядами в атмосфере. Электропроводность воздуха обусловлена содержанием в нем положительно и отрицательно заряженных аэроионов. Средняя концентрация аэроионов колеблется от 100 до 1000 в 1 куб. см воздуха, достигая в горах нескольких тысяч в 1 куб. см.

Более или менее закономерно на протяжении суток изменяются градиент потенциала атмосферного электричества и ионизации воздуха. По данным В. Ф. Овчаровой и И. В. Бутевой (1985), максимальные значения потенциала атмосферного электричества наблюдаются в утренние (8–10) и вечерние (19–23) часы. Минимумы его приходятся на ночные (2–5) и дневные (16–18) часы. Суточная концентрация аэроионов имеет вид двугорбой кривой с наибольшими значениями в ночное время и двумя спадами в 7–12 и 18–19 ч.

Однако нужно заметить, что прохождение атмосферных фронтов может существенно изменить динамику этих факторов, их амплитуду, сместить их максимумы.

Установлено, что отрицательные АИ (аэроионы) кислорода создают бодрый психологический статус, воздействуют на состояние нервной системы, повышая её возбудимость, уменьшая усталость и увеличивая работоспособность. Отрицательные АИ оказывают сно-

творное и десенсибилизирующее действие, повышают выносливость к кислородному голоданию, устойчивость к охлаждению, бактериальной и химической интоксикации. Воздух с избытком АИ кислорода стабилизирует артериальное давление (снижает его при гипертонии и повышает при гипотонии). Отрицательные АИ оптимизируют дыхание за счет его урежения и углубления. Наряду с этим они стимулируют тканевое дыхание, оптимизируют уровень обмена веществ и температуру тела. Аэроионы кислорода влияют на физико-химические свойства крови: соотношение белковых фракций плазмы, количество и качество эритроцитов и лейкоцитов, скорость оседания эритроцитов (СОЭ), рН, концентрацию холестерина (увеличение его содержания рассматривают как одну из причин развития атеросклероза), на величину электрического заряда форменных элементов крови и плазмы.

М. С. Мачабели и соавт. (1992–1995) предполагают, что организм получает отрицательные ионы кислорода не только из воздуха, но и генерирует их в своих структурах. По этой гипотезе биокаталитическая вспышка отрицательного заряда происходит в протеогликановом слое сурфактанта легких при электрообмене между каталитически вырабатываемыми здесь отрицательными и положительными зарядами, которые приносятся в легкие кровью с углекислым газом, азотом и водой. За счет этих эндогенных отрицательных зарядов происходит активация вдыхаемого кислорода с превращением его в соединение, подобное отрицательным АИ. По такому же типу вспышки, но уже с другими видами сурфактанта осуществляется внутренний тканевый электрообмен во всем организме, необходимый для оптимального протекания внутриклеточного метаболизма.

1.6. Космические факторы и их влияние на организм

К космическим обычно относятся те факторы, которые из Вселенной оказывают влияние на организм человека. Наиболее значительными из них являются космические лучи, солнечная активность и межпланетное магнитное поле. Так как эти факторы действуют на человека в основном через изменение электрического и магнитного полей Земли, в современной экологии целесообразно их рассматривать как гелиогеофизические.

Космические лучи – это галактические частицы, состоящие из протонов, электронов, ядер гелия, водорода и некоторых более тяжелых элементов, достигающие Земли со скоростью, близкой к скорости света. Эта скорость многократно возрастает в периоды солнечной активности. Космические лучи вызывают ионизацию атмосферы и формирование аэронов. Уровень космического излучения на поверхности Земли зависит от высоты местности и ее геомагнитной широты. Влияние космических лучей на организмы изучено сравнительно мало. Это обусловлено главным образом тем, что они действуют в комплексе. Существует гипотеза о возможном появлении в них фактора, меняющего свойства биологических систем (Гора Е. П., 1999). Однако известно, что с космическими излучениями сопряжена чувствительность к свету.



Рис. 5. Межпланетное магнитное поле. Воздействие солнечного ветра на магнитное поле Земли, рисунок взят с сайта <http://solarwind.cosmos.ru/>

Кроме космических лучей, существует межпланетное магнитное поле плотностью 1—30 нТ² (рис. 5).

Самым мощным источником различных форм энергии, оказывающих влияние на Землю, является Солнце. Солнечной активностью называют комплекс явлений, происходящих в атмосфере Солнца. Внутри Солнца происходят термоядерные реакции, в результате которых возникают электромагнитные излучения широкого диапазона. Время от времени на его поверхности появляются очаги повышенной активности в виде пятен и протуберанцев. Совершаются мощные взрывы, которые сопровождаются выбросом элементарных частиц. Непрерывное расширение верхней части солнечной атмосферы сопровождается корпускулярным излучением. Скорость этого расширения по мере удаления от Солнца увеличивается. На расстоянии нескольких десятков солнечных радиусов расширение достигает 400 км/с. Это так называемый спокойный солнечный ветер. Он увлекает за собой магнитное поле Солнца, вытягивая его силовые линии. Солнечный ветер содержит небольшое количество энергии. Вместе с тем он играет значительную роль в передаче к Земле возмущений, обу-

словленных явлениями солнечной активности. Активность Солнца по отношению к Земле периодически изменяется. Различают циклы суточные, годовые, 5—6-летние, 11-летние, 80—90-летние и многовековые. Периоды максимальной активности приходятся на 7—17 лет, минимальной — на 9—14 лет.

Результаты многочисленных исследований показывают, что нервная система обладает наибольшей чувствительностью к изменению солнечной активности. Впервые это свойство было обнаружено А. Л. Чижевским, его наблюдения основывались на изучении величины электрических потенциалов кожи в периоды повышенной солнечной активности.

Обнаружена зависимость обострения таких заболеваний, как шизофрения, эпилепсии и маниакально-депрессивные состояния от солнечной активности (Сидякин В. Г., 1986).

Земля имеет постоянное магнитное поле, на которое накладываются периодические и случайные изменения. Полагают, что они обусловлены электрическими явлениями в атмосфере. Периодические изменения магнитного поля Земли могут быть связаны с солнечной активностью и иметь вековую, годовую, сезонную и суточную цикличность.

Переменные магнитные поля, возникающие вокруг Земли, получили название магнитных возмущений и магнитных бурь. Магнитные бури возникают в результате проникновения в атмосферу Земли летящих от Солнца со скоростью 1000—3000 км/с заряженных частиц (корпускул).

О влиянии магнитных бурь на состояние человека известно уже давно. Установлено, что при выполнении коррективных работ во время магнитных бурь увеличивается число ошибок, появление которых свидетельствует о преобладании возбудительного процесса в высших отделах мозга. Число ошибок еще более возрастает на 2-е сутки после смены знака геомагнитного поля. Показано, что во время геомагнитных возмущений даже у тренированных лиц отмечается резкое снижение краткосрочной памяти, снижение объема и интенсивности внимания вследствие уменьшения уровня активации головного мозга. Эти изменения более выражены у пожилых людей, а также у лиц, проживающих на Крайнем Севере. Значительные изменения функционального состояния ЦНС, по-видимому, являются причиной увеличения количества несчастных случаев и травм во время магнитных бурь. Полагают, что у человека в результате десинхронизации функций ЦНС могут усиливаться нервно-психические расстройства. Геомагнитные возмущения могут вызвать нарушения межполушарных отношений головного мозга с сопутствующей акцентуацией отдельных психических функций, а также рассогласование внутренних ритмов организма с ритмом внешней среды. Не исключено, что роль пейсмекера, действующего на человека при таких возмущениях, могут выполнять короткопериодические колебания поля Земли, которые затухают при изменении солнечной активности (Владимирский Б. М. [и др.], 1982).

Солнечная радиация, достигающая Земли, имеет сложный спектральный состав и оказывает выраженное биологическое действие на организм человека. Спектр Солнца представлен следующими видами излучений: инфракрасным (до 60 % общей энергии радиации), ультрафиолетовым (менее 0,5 %), ионизирующим и видимыми лучами (около 40 %). Гамма-рентген, коротковолновые ультрафиолетовые лучи полностью поглощаются атмосферой. Длинноволновое УФ-излучение достигает поверхности Земли.

Инфракрасные лучи. Инфракрасные (ИК) лучи были открыты Гершелем в 1800 г. Они имеют длину волны от 760 до 3000 нм, причем более длинные волны задерживаются атмосферой. Инфракрасные лучи, нагревая почву, воздух, создают тепловой баланс и возможность жизни на Земле.

Действуя на организм человека, они оказывают тепловой эффект, ускоряют ферментативные и иммунобиологические реакции, ускоряют рост клеток и регенерацию тканей.

Длинные ИК-лучи задерживаются главным образом в эпидермисе кожи и вызывают нагревание ее поверхности, раздражают рецепторы (жжение). Инфракрасная эритема образуется за счет расширения капилляров кожи, не имеет четких границ (разлитая).

Короткие ИК-лучи обладают наибольшим биологическим эффектом, они проникают на глубину 2,5–4 см, вызывают глубокое прогревание, ускоряют биохимические, ферментативные и иммунные реакции, рост клеток и регенерацию тканей, усиливают ток крови, увеличивают температуру крови и лимфы.

В настоящее время большинство исследователей признает не только тепловое, но и фотохимическое действие ИК-лучей на организм. Отмечается поглощение ИК-лучей белками крови и активация ферментных процессов.

Общее действие ИК-лучей – нагревание с образованием выраженной разлитой эритемы с выделением физиологически активных веществ (например, ацетилхолина), которые поступают в кровоток и вызывают усиление обменных процессов в отдаленных от мест облучения тканях и органах. Общая реакция организма выражается в перераспределении крови в сосудах, повышении числа эозинофилов в периферической крови, повышении общей сопротивляемости организма.

Под действием инфракрасных лучей наблюдается: перераспределение крови, учащение пульса, повышение максимального и понижение минимального артериального давления, повышение температуры тела, усиление потоотделения. Рефлекторно увеличивается теплообразование в других органах, стимулируется функция почек, расслабляется мускулатура. В результате наблюдается ускорение регенеративных процессов, уменьшение болевых ощущений (Пивоваров Ю. П., 1999).

Видимые лучи. Видимые лучи Солнца имеют длину волны от 380 до 760 нм. Они создают наибольшую величину освещенности, несмотря на то что часть их рассеивается при отражении. Световой луч составляет спектр цветов, каждый из которых имеет свою длину волны.

Биологическое значение световой радиации для человека, прежде всего, состоит в возможности зрительных восприятий, что связано с механизмами фоторецепции. Световые лучи проникают в тело на глубину около 2,5 см. Они стимулируют биохимические процессы, увеличивают иммунную реактивность, способствуют образованию пигмента. Повышают возбудимость коры головного мозга, деятельность желез внутренней секреции, обмена веществ. При этом разные цвета видимого спектра оказывают различное влияние на нервно-психические процессы: красно-желтые цвета оказывают бодрящее действие (так, Жак Бенуа доказал, что красные и оранжевые лучи солнечного света стимулируют половые железы, вызывая ускоренное созревание гонад), сине-фиолетовые цвета оказывают успокаивающее действие и т. д. В. М. Бехтерев рекомендовал лиц с психическим возбуждением помещать в палаты, стены которых выкрашены в голубой цвет, а с психическим угнетением – в палаты с розовыми стенами. В настоящее время установлено, что окраска стен существенно влияет на работоспособность людей.

Одним из важнейших следствий периодического изменения освещенности является создание циркадных ритмов. Они способствуют чередованию активной деятельности и восстановительных процессов.

Ультрафиолетовые лучи впервые открыл Ritter в 1801 г. В зависимости от длины волны ультрафиолетовое излучение (УФ) делят на ближний диапазон (200–400 нм) и дальний, или вакуумный, – с длиной волн 10–200 нм.

В естественных условиях основным источником УФ-излучения является Солнце, в спектре которого до поверхности Земли доходят только волны ближнего диапазона, что связано с поглощением волн дальнего диапазона озоном и кислородом в атмосфере.

Условно весь ультрафиолетовый спектр, достигающий поверхности планеты делят на три области:

А – 400–320 нм (преимущественно эритемное и загарное действие);

В – 320–280 нм (преимущественно антирахитическое действие);

С – 280–200 нм (преимущественно бактерицидное действие).

Механизмы действия УФ на организм (Пивоваров Ю. П., 1999):

– непосредственное (физическое);

– гуморальное;

– рефлекторное;

– витаминизирующее.

Результатом физического воздействия УФ-лучей на кожу является, в первую очередь, повреждающее действие на клетку с денатурацией белков и последующим развитием местной реакции в виде эритемы. Эритема – асептическое воспаление со всеми признаками, характеризующими любой воспалительный процесс: покраснение, боль, припухлость и даже нарушение функций.

Гуморальное воздействие связано с появлением гистамина и гистаминаподобных веществ. Разрушение 1 мг белка сопровождается выходом 1 мкг гистамина. Гистамин является физиологическим антагонистом адреналина и норадреналина, таким образом гистамин стимулирует симпатико-адреналовую и гипофизарно-надпочечниковую системы, которые играют большую роль в приспособительных и компенсаторных реакциях организма.

В эксперименте доказано: УФ-излучение стимулирует симпатическую нервную систему, что может приводить к усилению выведения холестерина из организма. Кроме того, УФ-лучи изменяют прямую и непрямую возбудимость поперечно-полосатой и гладкой мускулатуры. Так, наблюдается усиление моторики кишечника, спазм бронхов, сужение просвета сосудов.

Под действием УФ-лучей (290–313 нм) происходит образование витамина D из 7,8-дегидрохолестерина (провитамина D).

Можно с уверенностью сказать, что УФ-излучения, воздействуя на организм человека через кожный покров, нервно-гуморальные пути при умеренных воздействиях оказывают благотворное влияние.

Суммируя действие УФ-лучей, можно выделить их основные биологические эффекты воздействия:

1. *Бактерицидное действие.* Под влиянием прямых солнечных лучей гибнут многие микроорганизмы, бактерии и вирусы.

2. *Загарное действие* УФ-излучения связано с образованием пигмента меланина. Под влиянием кванта солнечной энергии с длиной волны от 280 до 400 нм тирозин превращается в меланин.

3. *Эритемное действие.* В случаях слабой пигментации УФ-радиация нарушает структуру нуклеиновых кислот, вызывает их гибель и гибель клеток кожного эпителия с последующим образованием эритемы или ожогов различных степеней.

4. *Образование витамина D.* Фотохимическая реакция осуществляется путем превращения провитамина в витамин D₃, участвующий в фосфорно-кальциевом обмене.

5. В небольших количествах способствует *репарации и регенерации поврежденной ткани.*

6. Умеренное УФО повышает *иммунобиологическую реактивность кожи и крови* (происходит увеличение глобулиновой фракции крови и фагоцитарной активности лейкоцитов, увеличение количества эритроцитов и гемоглобина).

7. Характерно *повышение тонуса центральной нервной системы* и стимулирующее влияние на *симпатическую нервную систему* с последующей регуляцией холестерина обмена.

8. *Изменение активности эндокринной системы:*

– стимулирующее действие на симпато-адреналовую систему (увеличение адреналиноподобных веществ и сахара крови);

– угнетение функции поджелудочной железы.

Наряду с положительным биологическим воздействием на организм УФ-лучей следует отметить и *отрицательные стороны облучения*. В первую очередь это относится к последствиям бесконтрольного загораения: ожоги, пигментные пятна, повреждение глаз. Особого рассмотрения заслуживает бластомогенное действие УФ-радиации, приводящее к развитию рака кожи. К бластомогенным относятся УФ-лучи с длиной волны 290–330 нм, особенно 301–303 нм. Чаще рак кожи развивается у людей со светлой кожей.

1.7. Вода как фактор внешней среды и ее влияние на организм человека

Гидросфера – это водная оболочка Земли, представленная совокупностью океанов, морей, континентальных вод (включая подземные) и ледяных покровов. Моря и океаны занимают около 71 % земной поверхности, в них сосредоточены 96,5 % всего объема гидросферы. На долю ледников приходится 1,6 % запасов воды в гидросфере. Важнейшее свойство гидросферы – единство всех видов природных вод, которое осуществляется в процессе круговорота воды в природе. В настоящее время гидросфера испытывает выраженные антропогенные воздействия. Происходит загрязнение, как поверхностных вод, так и подземных. Наиболее распространенными загрязняющими веществами в поверхностных водах являются нефтепродукты, фенолы, легкоокисляемые органические вещества, соединения меди, цинка, а в отдельных регионах страны аммонийный и нитритный азот, анилин, формальдегид.

Огромное количество загрязняющих веществ вносится в поверхностные воды сточными водами предприятий черной и цветной металлургии, предприятий сельского и коммунального хозяйств, химической, нефтяной, газовой, угольной, лесной промышленности. Существенное влияние на содержание биогенных и органических веществ оказывают сельскохозяйственные угодья.

Загрязнению подвергаются не только поверхностные, но и подземные воды. В целом состояние подземных вод оценивается как критическое и имеет тенденцию к дальнейшему ухудшению. Подземные воды страдают от загрязнений нефтяных промыслов, предприятий горнодобывающей промышленности, полей фильтрации, шлаков накопителей и отвалов металлургических заводов, хранилищ химических отходов и удобрений, свалок, животноводческих комплексов.

Из загрязняющих веществ подземных вод преобладают: нефтепродукты, фенолы, тяжелые металлы (медь, цинк, свинец, кадмий, никель, ртуть), сульфаты, хлориды, соединения азота.

Основные источники загрязнения гидросферы:

1. Сточные воды промышленных предприятий объемом несколько миллиардов кубических метров в год.
2. Городские сточные воды; содержат растворимые органические вещества, микроорганизмы, песок, взвешенные частицы. Всего в стране за год образуется 100 км^3 таких вод.
3. Канализационные воды животноводческих хозяйств.
4. Дождевые и талые воды с растворенными химическими веществами.
5. Водный транспорт.
6. Естественные осадки из атмосферы.

Человек выпивает за свою жизнь 75 т воды, а одно поколение населения планеты – примерно половину годового стока всех рек. Человеческий организм состоит на 65 % из воды, и даже небольшая ее потеря приводит к серьезным нарушениям состояния здоровья. При потере воды до 10 % отмечаются резкое беспокойство, слабость, тремор конечностей. В эксперименте на животных установлено, что потеря 20–25 % воды приводит к их гибели. Все это объясняется тем, что процессы пищеварения, синтеза клеток и все обменные реакции происходят только в водной среде. Но вода может выполнять свою важную роль в организме лишь в том случае, если она обладает необходимыми качествами, которые характеризуются ее органолептическими свойствами, химическим составом и характером микрофлоры (Пивоваров Ю. П., 1999). По оценке Всемирной организации здравоохранения, до

80 % болезней, так или иначе, связаны с водой. Патогенные для человека организмы, которые могут передаваться перорально с питьевой водой, приведены в табл. 1.

Рассмотрим некоторые **аспекты медико-экологической оценки воды**. Как известно, с питьевой водой в организм человека могут попасть возбудители многих инфекционных и паразитарных болезней. К ним относятся: холера, брюшной тиф, сальмонеллез, дизентерия, амебиаз, туляремия, лептоспирозы, вирусный гепатит А, вирусный гастроэнтерит, полиомиелит и другие заболевания, вызываемые энтеровирусами (ротавирусами, реовирусами, аденовирусами, вирусы коксаки, Норволк и т. д.); лямблиоз и другие болезни.

Таблица 1

Характеристика важнейших возбудителей инфекций, передаваемых с водой (по: Королев А. А., 2003)

Возбудитель	Опасность для здоровья	Срок выживания в воде, сут	Минимальная инфицирующая доза, клетки	Устойчивость к хлору
<i>Бактерии</i>				
<i>Shigella</i> (4 вида)	Высокая	5–30	–10	Низкая
<i>Salmonella typhi</i>	Высокая	80–100	–10 000	Низкая
<i>Vibrio cholerae</i>	Высокая	5–20	–1000	Низкая
<i>Salmonella</i> (1700 типов)	Высокая	15–280	10 000 – 1 млн	Низкая
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Средняя	Может размножиться	>10 000	Средняя
<i>Legionella pneumophila</i>	Высокая	200–360, может размножиться	>10 000	Высокая
<i>Вирусы</i>				
<i>Enteroviruses</i> (71 тип)	Высокая	20–200	1–10	Средняя
<i>Rotaviruses</i>	Высокая	10–70	1–10	Средняя
<i>Простейшие</i>				
<i>Giardia lamblia</i>	Высокая	20–80	60–100	Высокая
<i>Entamoeba histolytica</i>	Высокая	30–60	20–50	Высокая
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Высокая	50–120	10–30	Высокая

Первая группа заболеваний связана с загрязнением питьевой воды экскрементами людей и животных, канализационными и сточными водами. Они встречаются чаще в разви-

вающихся странах и сельской местности. Но не только питьевая вода может транспортировать к человеку возбудителей болезней, это делают и загрязненные морские воды (передача возбудителей заболеваний кожи, лор-органов, слизистой глаз). Водный путь распространения кишечных инфекций возможен только при сочетании следующих условий:

- попадание возбудителей заболеваний в воду с выделениями больных или бактерионосителей;
- возбудители достаточно долгое время сохраняют в воде жизнеспособность и вирулентность;
- попадание зараженной воды в кишечник человека.

Как это ни парадоксально, но повышение благосостояния и улучшение бытовых условий проживания населения может сопровождаться увеличением риска распространения ранее относительно редких заболеваний, имеющих в основе водный фактор передачи, таких как легионеллез. За последние годы легионеллез занял значительное место среди инфекционных заболеваний бактериальной этиологии. Основным клиническим синдромом легионеллеза является легочный, что соответствует пневмотропной природе возбудителя. Легионеллы являются естественными обитателями пресноводных водоемов. Высокие адаптивные способности легионелл и высокая устойчивость к действию дезинфектантов позволяют бактериям успешно колонизировать искусственные водные резервуары: кондиционеры, увлажнители, компрессорные устройства, системы водопроводной воды, плавательные бассейны. Для развития легионеллеза необходимо попадание в легкие человека мелкодисперсного гидроаэрозоля, содержащего легионеллы. Поэтому основным средством профилактики должны быть мероприятия, направленные на снижение концентрации возбудителей легионеллеза в водных системах.

Вторая группа распространенных инфекционных и, главным образом, паразитарных болезней связана с водой, которая служит средой, где происходит выплод переносчиков (комаров, мошек, некоторых мух) ряда трансмиссивных болезней (малярия, желтая лихорадка, филяриатоз, японский энцефалит, сонная болезнь и др.) и протекают циклы развития возбудителей некоторых паразитарных болезней (описторхоз, шистосомозы, дифиллоботриоз, клонорхоз, спарганоз, анизакиаз и др.). В принципе профилактика многих болезней из этой группы в значительной степени обеспечивается соблюдением правил личной и общественной гигиены и водоснабжения, но в ряде случаев требует проведения вакцинации (желтая лихорадка, японский энцефалит), химиопрофилактики (малярия).

К третьей весьма обширной группе болезней, связанных с водой, относятся те, распространение которых зависит от содержания в ней различных микрокомпонентов (органических и неорганических химических соединений микроэлементов, радионуклидов) природного или техногенного происхождения. Риск для здоровья, обусловленный наличием токсичных химических веществ в питьевой воде, отличается от риска, определяемого микробным загрязнением. Только немногие химические компоненты в воде могут привести к острым нарушениям здоровья, если это не связано с экстремальным загрязнением систем водоснабжения при авариях. Использование химических дезинфицирующих средств для обеззараживания воды обычно приводит к образованию побочных продуктов трансформации химических соединений, некоторые из которых потенциально опасны. Однако обусловленный ими риск для здоровья несравним с опасностью, возникающей при недостаточном обеззараживании.

Третью группу можно разделить на следующие подгруппы:

1) острые заболевания (как правило, отравления), вызываемые потреблением питьевой воды, содержащей высокотоксичные концентрации опасных и вредных для здоровья веществ;

2) заболевания, причиной которых служит употребление в пищу продуктов, накапливающих ядовитые вещества из водной среды;

3) хронические заболевания, возникающие при длительном употреблении питьевой воды, содержание вредных веществ в которой невысокое или их действие проявляется после продолжительного латентного периода.

Примером заболеваний *первой подгруппы* могут служить отравления, наступающие в результате попадания в водоисточники ядовитых веществ при экологических катастрофах или залповых сбросов промышленных сточных вод.

Особое внимание следует уделять тем загрязняющим агентам, которые обладают кумулятивным токсическим действием (например, канцерогенные вещества, тяжелые металлы и некоторые микроэлементы – фтор, стронций, уран, молибден, кадмий, ртуть и т. д.).

В. И. Вернадский и его ученик А. П. Виноградов разработали учение о биогеохимических провинциях, то есть районах, характеризующихся избытком или недостатком отдельных микроэлементов в почве, воде, растениях, что позволило объяснить причины возникновения так называемых эндемических заболеваний человека и животных.

В качестве примеров заболеваний *второй подгруппы* можно привести болезнь Минамата (меркуриоз), болезнь итай-итай (кадмиоз) и т. д.

Впервые болезнь Минамата была зарегистрирована в 1950-х гг., когда 292 человека заболели ею и 62 из них умерли. На начальных стадиях заболевание проявлялось симптомами расстройства речи, походки, понижением слуха и зрения. В последующем тяжесть поражения нарастала, и многие заболевшие умерли. В 1969 году было установлено, что причиной заболевания является метилртуть, которая поступала в залив Минамата (Япония) с отходами фабрики и концентрировалась в морских организмах и рыбе, служащими пищей для населения. Ртуть активно включалась в метаболическую экологическую цепь (происходило метилирование ртути в метилртуть), попадала в организм рыбы. Рыба теряла активность и способность нормально плавать, в результате население с помощью сачка обеспечивало себя дешевыми морепродуктами.

В настоящее время ртуть применяется в производстве каустической соды, бумажной массы, пластмасс, в качестве фунгицидов для протравливания посевного материала.

Болезнь итай-итай (кадмиоз) была выявлена в 1946 г. также в Японии. Причиной заболевания послужило повышенное поступление в организм кадмия с рисом, выращенным на полях, орошаемых из реки, в которую кадмий попадал со стоком вышерасположенного рудника. Больше всего кадмия человек получает с растительной пищей.

Кадмий относится к числу сильно ядовитых веществ. Смертельная доза для человека составляет 150 мг/кг. Обмен кадмия в организме характеризуется следующими основными особенностями:

- отсутствием эффективного механизма гомеостатического контроля;
- длительным пребыванием в организме с большим периодом полувыведения, составляющем у человека в среднем 25 лет (биологическим индикатором задержки кадмия в организме могут служить волосы);
- преимущественным накоплением в печени и почках (до 80 % в составе металлотioneина);
- интенсивным взаимодействием с другими двухвалентными металлами как в процессе всасывания, так и на тканевом уровне (с цинком, кальцием, железом, селеном, кобальтом);
- способностью проникать через плацентарный барьер.

При попадании в организм кадмий активно замещает кальций, что приводит к дефициту кальция в организме. Первоначальные признаки заболевания проявляются сильными болями в нижних конечностях и пояснице, наблюдается нарушение функционирования

почек. Впоследствии из-за нарушения фосфорно-кальциевого обмена появляются деформации скелета, возможны переломы костей. Заболевание часто заканчивается инвалидностью. Кадмий считается самым опасным тяжелым металлом. Он обладает тератогенными, генотоксичными и канцерогенными свойствами.

В *третью подгруппу* входит ряд экзогенных микроэлементозов, причиной которых служит недостаток, избыток и дисбаланс микроэлементов, поступающих в организм с водой. Эндемический флюороз связан с избыточным поступлением в организм фтора, в мире поражено более 20 млн человек. Тяжелый флюороз приводит к разрушению зубной эмали, замедлению роста, остеосклерозу, повреждению щитовидной железы и почек. Наиболее богаты фтором питьевые воды Молдовы, юго-восточных областей Украины, Подмосковья, Апшеронского полуострова, Мордовии.

В России более 90 % населения не получают фтор в необходимом количестве. Небольшие его концентрации в питьевой воде являются одной из причин кариеса зубов. Особенно характерен недостаток этого микроэлемента для поверхностных источников питьевого водоснабжения на территориях Архангельской, Ленинградской областей, Республики Коми, Краснодарского края и Кабардино-Балкарии. Так, в Кабардино-Балкарской Республике дефицит фтора в воде является фактором повышенной заболеваемости кариесом зубов (60 % населения).

Широко распространенные очаги эндемического зоба связаны с пониженным содержанием йода в питьевой воде. В России около 60 % населения проживает в районах с дефицитом йода. Это территории ряда районов центра европейской части России, Верхнего и Среднего Поволжья, Урала, Сибири, Северного Кавказа. Самым распространенным проявлением йодной недостаточности является зоб: в процессе адаптации организма к недостаточному поступлению йода происходит увеличение массы щитовидной железы. В последующем эндемический зоб является благодатной почвой для развития более тяжелых заболеваний щитовидной железы (узлового и многоузлового зоба). У жителей йоддефицитных районов наблюдается изменение концентрации тиреоидных гормонов. Нормальный или повышенный уровень трийодтиронина (T_3) позволяет организму поддерживать клинически эутиреоидный статус, и в то же время снижение уровня тироксина (T_4) стимулирует продукцию тиреотропного гормона (ТТГ). Другим последствием дефицита йода является гипотиреоз. Дефицит йода приводит не только к резкому увеличению количества случаев заболеваний щитовидной железы (включая злокачественные), но и возрастают ассоциированные с зобом расстройства здоровья. В эндемичных по зобу районах происходит ухудшение репродуктивного здоровья женщин. Частота нарушений менструальной функции, полового развития у девочек с тиреоидной патологией в 10 раз выше, чем в популяции; в 10–25 % случаев диагностируется бесплодие. Дети, имеющие увеличение щитовидной железы, статистически достоверно чаще страдают другими заболеваниями эндокринной системы, расстройством питания, нарушениями обмена веществ и иммунитета (Щеплягина Л. А., 1998). Чем младше ребенок, тем более опасен недостаток йода и тиреоидных гормонов и тем тяжелее его последствия для здоровья ребенка.

Избыток молибдена в воде, поступающий в организм человека (эндемический молибдероз), способствует повышению активности ксантиноксидазы, сульфгидрильных групп и щелочной фосфатазы, увеличению мочевой кислоты в крови и моче и патоморфологическим изменениям внутренних органов (провинции в Армении, Московской и Томской областях).

Повышенное поступление в организм с водой стронция (Sr) и урана (U) приводит к угнетению синтеза протромбина в печени, снижению активности холинэстеразы, активации остеогенеза (включение Sr и U в костную ткань), снижающего включение в костную ткань Ca^{2+} и приводящего к развитию «стронциевого рахита».

Повышенные концентрации нитратов способствуют развитию метгемоглобинемии не только у детей, но и у взрослых. Содержание нитратов из года в год растет за счет органических загрязнений поверхностных и подземных водоисточников. В Белгородской области недоочищенные сточные воды используют для повышения урожая, вследствие чего содержание NO_3 в воде достигает 500–700 мг/л (Пивоваров Ю. П., 1999). Вредное воздействие проявляется тогда, когда происходит восстановление нитратов в нитриты, а их всасывание приводит к образованию метгемоглобина крови. Поражению младенцев способствуют дисбактериоз и слабость метгемоглобиновой редуктазы, наблюдаемой до 1 года.

Считается, что повышенное содержание меди в воде вызывает поражение печени и почек, высокие концентрации никеля – поражение кожи, цинка – поражение почек, а бериллий относится к канцерогенам. Канцерогенным действием обладают некоторые галогеносодержащие соединения, образующиеся в процессе хлорирования воды. Характеристика опасности и возможного риска для здоровья населения приоритетных химических загрязнителей воды представлена в табл. 2.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.