

А. Н. Батян В. А. Кравченко И. В. Пухтеева

ФИЗИОЛОГИЯ АДАПТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

Допущено

Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия
для студентов учреждений высшего образования
по специальности «Экология»



Минск
«Адукацыя і выхаванне»
2025

УДК 574.24(075.8)
ББК 28.080.1я73
Б28

Рецензенты: кафедра экологической и профилактической медицины учреждения образования «Гомельский государственный медицинский университет» (рецензент — кандидат медицинских наук, доцент *В. Н. Бортновский*); доктор биологических наук, профессор *А. Н. Стожаров*

Батян, А. Н.
Б28 **Физиология адаптационных процессов : учебное пособие / А. Н. Батян, В. А. Кравченко, И. В. Пухтеева. — Минск : Адукацыя і выхаванне, 2025. — 279 с. : ил.**
ISBN 978-985-34-0215-5.

В учебном пособии рассмотрены основные закономерности физиологических адаптаций, их виды, механизмы и стадии адаптации к конкретным факторам среды, характеристика и закономерности деадаптации.

Предназначено студентам учреждений высшего образования по специальности «Экология», магистрантам, аспирантам биологических и биомедицинских специальностей учреждений высшего образования, а также специалистам, работающим в данной области.

УДК 574.24(075.8)
ББК 28.080.1я73

Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или любой ее части не может быть осуществлено без разрешения издательства.

ISBN 978-985-34-0215-5

© Батян А. Н., Кравченко В. А.,
Пухтеева И. В., 2025
© Оформление. Республиканское
унитарное предприятие
«Издательство “Адукацыя
і выхаванне”», 2025

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

А — адреналин
АДФ — аденозиндифосфат
АМФ — аденозинмонофосфат
АОЗ — антиоксидантная защита
АТФ — аденозинтрифосфат
АТФаза — аденозиндифосфатаза
АФК — активные формы кислорода
БЖТ — бурая жировая ткань
БТШ — белки теплового шока
ВОЗ — Всемирная организация здравоохранения
ГГНС — гипоталамо-гипофиз-надпочечниковая система
ДНК — дезоксирибонуклеиновая кислота
ЖЕЛ — жизненная емкость легких
ИВЛ — искусственная вентиляция легких
КВВ — конденсат выдыхаемого воздуха
НА — норадреналин
НАДФ — никотинамидадениндинуклеотидфосфат
ООХЭ — острые отравления химической этиологии
ОС — оксидативный стресс
ПОЛ — перекисное окисление липидов
РНК — рибонуклеиновая кислота
САС — симпатoadреналовая система
СЗЗ — санитарно-защитная зона
СОД — супероксиддисмутаза
СРО — свободнорадикальное окисление
ФОЕ — функциональная остаточная емкость
ФСДС — функциональное состояние дыхательной системы
Ф↔Г — взаимосвязь функции и генетического аппарата
ХОБЛ — хроническая обструктивная болезнь легких
цАМФ — циклический аденозинмонофосфат
ЦНС — центральная нервная система
MDA — малоновый диальдегид

ВВЕДЕНИЕ

Благодаря адаптационному потенциалу организма человека стало возможным бурное развитие цивилизации, освоение воздушного и космического пространства, полярных районов планеты и Мирового океана. Стало очевидным, что долговременная, постепенно развивающаяся и достаточно надежная адаптация является необходимой предпосылкой расширения деятельности человека в новых условиях среды, важным фактором повышения устойчивости здорового организма и профилактики болезней. Целенаправленное использование долговременной адаптации для управления этим процессом требует не только знания общих закономерностей приспособления, многообразия его форм, но прежде всего раскрытия внутренних механизмов адаптации.

Термин «адаптация» объединяет два вида адаптаций. С одной стороны, это генотипическая адаптация, в результате которой на основе наследственной изменчивости, мутаций и естественного отбора сформировались современные виды животных и растений. С другой стороны, комплекс видовых наследственных признаков становится базисом следующего вида адаптации, а именно фенотипической адаптации, приобретаемой в ходе индивидуальной жизни организма. Эта адаптация формируется в процессе взаимодействия особи с окружающей средой и нередко обеспечивается глубокими структурными изменениями организма. Такие приобретенные в течение жизни фенотипические изменения наслаиваются на наследственные признаки организма — его генотип — и в совокупности с ними формируют индивидуальный облик организма.

При долговременной адаптации к экологическим факторам до начала действия фактора, к которому происходит адаптация, в организме нет готового, сформировавшегося механизма, обеспечивающего совершенное и эффективное приспособление, а имеются только генетически детерминированные предпосылки для формирования такого механизма. Поэтому если фактор не подействовал, адаптация к нему останется несформированной.

Это предполагает, что генетическая программа организма предусматривает не заранее сформировавшуюся адаптацию, а возмож-

ность ее реализации под влиянием среды, что обеспечивает реализацию только тех адаптационных реакций, которые жизненно необходимы, подразумевая тем самым экономное, направляемое средой расходование энергетических и структурных ресурсов организма, а также соответствующее среде формирование всего фенотипа. По существу, механизм фенотипической адаптации заключается в том, как потенциальные, генетически детерминированные возможности организма в ответ на требования среды преобразуются в реальные адаптационные реакции. Установлено, что факторы окружающей среды сравнительно быстро приводят к формированию функциональных систем, на основе которых формируются адаптационные реакции организма на требования среды. Вместе с тем для совершенной законченной адаптации само по себе возникновение функциональной системы оказывается недостаточным для образования структурных изменений, фиксирующих систему и увеличивающих ее физиологическую мощность в клетках и органах.

В учебном пособии рассматриваются также вопросы, каким образом в клетках функциональной системы, ответственной за адаптацию, осуществляется активация синтеза нуклеиновых кислот и белков и происходит формирование системного структурного следа, сопоставлена архитектура системных структурных следов при относительно простых и высших адаптационных реакциях организма и специально рассмотрена роль стрессорной реакции в процессе формирования системного структурного следа. Эта реакция обеспечивает не просто мобилизацию энергетических и структурных ресурсов организма, а направленную передачу этих ресурсов в ответственную за адаптацию доминирующую функциональную систему, где формируется системный структурный след. Следовательно, системный структурный след специфической адаптации к данному конкретному фактору формируется при участии неспецифической стресс-реакции, возникающей при любом существенном изменении в среде. При этом стресс-реакция, с одной стороны, способствует формированию нового системного структурного следа и становлению адаптации, а с другой — за счет своего катаболического эффекта осуществляет удаление утративших биологическое значение структурных следов. В том же ракурсе рассмотрен механизм высших адаптационных реакций организма, осуществляемый в форме условных рефлексов и поведения. Далее рассмотрен механизм адаптации организма к экстремальным стрессорным ситуациям. Эта адаптация, развивающаяся в сложных условиях среды, из которых нельзя уйти посредством простых реакций избегания, имеет существенное значение для всех видов деятельности человека, сопряженных с ответственностью, риском, необходимостью сохранить

выдержку. Наконец, рассмотрен механизм компенсаторных процессов, которые составляют важный класс адаптационных реакций, обеспечивающих приспособление организма к возникшим повреждениям и сохранение жизненно важных функций, а нередко и практического здоровья, несмотря на эти повреждения.

Ряд глав посвящен механизмам и стадиям адаптации к конкретным факторам среды, таким как физическая нагрузка, высотная гипоксия, температурный фактор. При рассмотрении этих различных адаптационных реакций организма показано, что их развитие приводит к тому, что организм приобретает новое качество, а именно: адаптацию в форме устойчивости к гипоксии, тренированность к физическим нагрузкам, новый навык. Роль адаптации как фактора профилактики существенным образом возрастает вследствие того, что долговременные, структурно обусловленные адаптационные реакции обладают лишь относительной специфичностью, т.е. повышают устойчивость организма не только к тому фактору, к которому происходила адаптация, но и одновременно к ряду других. Например, адаптация к физическим нагрузкам повышает устойчивость организма к гипоксии, адаптация к токсическим химическим веществам увеличивает способность окислять холестерин.

Основой относительной специфичности фенотипической адаптации является то, что разветвленный системный структурный след, составляющий основу адаптации к определенному фактору, нередко имеет в своем составе компоненты, которые могут повышать устойчивость организма к действию других факторов. Так, увеличение объема легких и количества альвеол при адаптации к гипоксии повышает выносливость к физическим нагрузкам. Относительная специфичность адаптации играет важную роль в естественной профилактике болезней и в сознательно управляемой человеком активной профилактике неинфекционных заболеваний, таких как гипертоническая болезнь, атеросклероз, ишемическая болезнь сердца. Кроме того, показано, что адаптация организма к повторным, коротким эмоционально-стрессорным воздействиям закономерно предупреждает вызванные длительным, тяжелым стрессом повреждения сердца, желудка, механизмов иммуногенеза.

Таким образом, рационально управляемая адаптация к одному или нескольким факторам является элементом повышения резистентности здорового организма, а это актуально для стран с развитым промышленным производством, когда с каждым годом увеличивается давление на организм человека техногенных составляющих.

В Беларуси вопросы физиологии адаптационных процессов исследуются в Институте физиологии НАНБ (директор Д. В. Тапальский, заведующий лабораторией физиологии питания и спорта

Т. Б. Мелик-Касумов), на кафедре физиологии человека и животных биологического факультета БГУ (заведующий кафедрой А. Г. Чумак), на кафедре экологической медицины и радиобиологии МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ (заведующий кафедрой А. Н. Батян), на кафедре экологической и профилактической медицины Гомельского государственного медицинского университета (заведующий кафедрой В. Н. Бортновский), на кафедре радиационной медицины и экологии медико-профилактического факультета Белорусского государственного медицинского университета (заведующий кафедрой А. Р. Аветисов).

Вопросы социальной адаптации изучали белорусские социологи Е. М. Бабосов, Т. В. Кузьменко, Р. А. Смирнова, Т. В. Щелкова. Исследованием молодежи занимались А. Н. Данилов, В. А. Клименко, С. В. Лапина, А. А. Похомова, Д. Г. Ротман, А. В. Рубанов, Л. В. Филинская, Ю. Г. Черняк.

В мировой литературе недостаточно учебных пособий, в которых последовательно представлено описание динамики и механизмов индивидуальной адаптации организма к основным факторам внешней среды. Данное учебное пособие в некоторой мере должно возместить этот пробел.



ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ АДАПТАЦИЙ

1.1. Определение и классификация физиологических адаптаций

Адаптация (от лат. *adaptatio* — приспособление) — приспособление организма к изменяющимся условиям существования в окружающей среде. Адаптация проявляется возникновением приспособительных форм поведения при переменах обстановки. Основой этого приспособления служат изменения, возникающие на всех уровнях: молекулярном, субклеточном, клеточном, органном и системном. Все это приводит к повышению устойчивости организма к колебаниям внешней температуры, влажности, атмосферного давления, а также к воздействию множества других изменений окружающей среды. Общим звеном, приводящим к развитию адаптации, является усиление синтеза нуклеиновых кислот и специфических белков, вызывающее долговременную перестройку структуры и функции клеток, органов, тканей и систем, участвующих в данных приспособительных реакциях.

В понятие «адаптация» часто вкладывается различный смысл. В связи с этим специальная комиссия Международного союза физиологических наук, созданная для составления словаря терминов по физиологии, предложила следующие определения.

Адаптация — изменение, которое снижает физиологическое напряжение, вызванное стрессорной составляющей окружающей среды. Это изменение может происходить в пределах жизни организма (фенотипическая адаптация) или быть результатом генетического отбора видов или подвидов (генотипическая адаптация).

Акклимация — физиологическое изменение в пределах времени жизни организма, которое снижает напряжение, вызванное стрессорными сдвигами отдельных климатических факторов в условиях эксперимента.

Акклиматизация — физиологическое изменение в пределах жизни организма, которое снижает напряжение, вызванное стрессорными

сдвигами в естественном климате (например, сезонными или географическими).

Акклиматизация и акклимация являются фенотипическими адаптациями к климатическим компонентам окружающей среды. Не существует отчетливых терминов, которые относятся к генотипическим адаптациям к климату или отдельным компонентам климата. Все такие генетически закрепленные свойства видов или подвидов охватываются общим термином «генотипическая адаптация».

Таким образом, в предложенных определениях терминов присутствуют существенные ограничения для их применения:

- а) все три термина имеют отношение к тем изменениям в организме, которые вызваны факторами внешней среды;
- б) адаптивными считаются только те сдвиги в организме, которые снижают напряжение, возникающее в начальный период воздействия стрессорного фактора внешней среды.

Термин «адаптация» применяется и в более узком смысле. Им обозначают понижение чувствительности рецепторов к постоянно действующему адекватному раздражителю. Такая адаптация возникает вследствие изменения функционального состояния самих рецепторов, а также центральных отделов соответствующего анализатора.

Приспособляемость, или способность адаптироваться к меняющейся обстановке, И.И. Шмальгаузен назвал одним из самых замечательных свойств живых существ. Свойство адаптироваться обладает универсальностью, так как оно присуще любой саморегулирующейся системе. Термином «адаптация» обозначаются, с одной стороны, процессы наследственной изменчивости, возникновение мутаций и их последующее закрепление путем естественного отбора. Этот вид адаптации называется генотипической или эволюционной адаптацией. С другой стороны, фенотипическую, или индивидуальную, адаптацию можно определить как развивающийся в ходе индивидуальной жизни процесс, в результате которого организм приобретает отсутствующую ранее устойчивость к определенному фактору внешней среды и таким образом получает возможность жить в условиях, ранее не совместимых с жизнью, решать задачи, ранее неразрешимые. В последнее время развивается представление о том, что адаптация — это процесс приобретения устойчивости к факторам не только внешней, но и внутренней среды организма (например, компенсаторные изменения в организме в ответ на травму).

В свою очередь, фенотипическая адаптация подразделяется на два этапа: начальный этап срочной, но несовершенной адаптации и последующий этап совершенной, долговременной адаптации.

Изучение путей и механизмов адаптации организма приобретает особое значение в наши дни в связи с освоением человеком новых

географических регионов, необходимостью работать в непривычных климатических условиях, миграцией населения в восточные и северные районы, освоением Арктики и Антарктиды, необходимостью работы человека в пустынях, в условиях высокогорья, а также в связи с развитием авиации, космонавтики, глубоководных погружений, освоением океанических шельфов, появлением новых видов труда и новых профессий.

В современных экологических условиях сохранение биологической природы человека состоит не в том, чтобы защитить организм от физических и интеллектуальных нагрузок, создать ему некие «тепличные», «рафинированные» условия. Наоборот, только интенсивные всесторонние нагрузки, интенсивная гармоничная деятельность всех органов и систем могут обеспечить полноценное развитие организма, раскрытие и совершенствование всех заложенных в нем потенциальных возможностей.

1.2. Принципы и механизмы фенотипической адаптации

По существу, вопрос о механизме фенотипической адаптации заключается в том, каким образом потенциальные, генетически детерминированные возможности организма в ответ на требование среды преобразуются в реальные возможности. При действии факторов или новой ситуации окружающей среды сравнительно быстро формируются функциональные системы, которые обеспечивают ответную адаптационную реакцию организма на требование среды. Однако для совершенной адаптации само по себе возникновение функциональной системы оказывается недостаточным, необходимо, чтобы в клетках и органах, образующих такую систему, возникли структурные изменения, фиксирующие систему и увеличивающие ее физиологическую мощность.

Ключевым звеном механизма, обеспечивающего фиксацию функциональной системы, и, следовательно, ключевым звеном всех форм фенотипической адаптации является существующая в клетках взаимосвязь между функцией и генетическим аппаратом. Через эту взаимосвязь функциональная нагрузка, вызываемая действием факторов среды, приводит к увеличению синтеза нуклеиновых кислот и белков и, как следствие, к формированию структурного следа в системах, специфически ответственных за адаптацию к данному конкретному фактору среды. В наибольшей мере при этом растет масса мембранных структур, ответственных за восприятие клеткой управляющих сигналов, ионный транспорт, энергообеспечение, т. е. именно тех структур, которые лимитируют функцию клетки в целом.

Формирующийся в итоге системный структурный след представляет собой комплекс структурных изменений, обеспечивающий расширение звена, лимитирующего функцию клеток, и тем самым увеличивающий физиологическую мощность функциональной системы, ответственной за адаптацию. Этот след составляет основу долговременной фенотипической адаптации. После прекращения действия данного фактора среды на организм активность генетического аппарата в клетках, ответственных за адаптацию системы, довольно резко снижается и происходит исчезновение системного структурного следа, составляющего основу процесса деадаптации.

1.3. Гомеостаз и его роль в адаптации организма

На заре эволюции жизнь зародилась в водной среде. С появлением многоклеточных организмов большинство клеток утратило непосредственный контакт с внешней средой. Они существуют, окруженные внутренней средой — межклеточной жидкостью. Благодаря наличию системы крово- и лимфообращения, а также действию органов и систем, обеспечивающих поступление различных веществ из внешней во внутреннюю среду организма (органы дыхания и пищеварения), и органов, обеспечивающих выведение во внешнюю среду продуктов обмена, у многоклеточных животных возникла возможность поддерживать постоянство состава внутренней среды организма.

Вследствие этого клетки организма существуют и выполняют свои функции в относительно постоянных (стабильных) условиях. Благодаря деятельности ряда регуляторных механизмов организм способен сохранять постоянство внутренней среды при резких изменениях различных характеристик внешней среды (больших перепадах температур, давлений, влажности, освещения, перебоях в получении питательных веществ).

Чем точнее и надежнее регулируется постоянство внутренней среды, тем в меньшей степени организм зависит от изменений внешних условий, тем шире ареал его обитания и тем более свободен он в выборе той или иной внешней экологической среды для существования.

В конце 60-х гг. XIX в. французский ученый Клод Бернар (рис. 1) выдвинул представление о постоянстве внутренней среды организма как условии его свободной жизни, подчеркнув тем самым огромное значение этого постоянства.

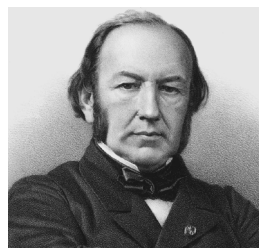


Рис. 1. Клод Бернар
(1813—1878)



Рис. 2. Уолтер Кеннон
(1871–1945)

Понятие гомеостаза (греч. *homeo* — подобный, постоянный, *stasis* — состояние) сформулировал в 1929 г. американский физиолог Уолтер Кеннон (рис. 2). Он отмечал, что «организм, построенный из материалов, характеризующихся крайним непостоянством и неустойчивостью, каким-то образом научается методам поддержания постоянства и сохранения устойчивости физиологических функций в условиях, которые вполне достаточны, чтобы вызвать их глубокие нарушения».

Кратко понятие гомеостаза можно сформулировать следующим образом. **Гомеостаз** — это способность организма сохранять постоянство внутренней среды.

В основе гомеостаза лежат не статические, а динамические процессы, так как постоянство внутренней среды непрерывно нарушается и столь же непрерывно восстанавливается.

1.4. Общий механизм индивидуальной адаптации

Системный структурный след, составляющий основу специфической адаптации, и неспецифический стресс-синдром неразрывно связаны между собой, т. е. координированы в рамках единой приспособительной реакции организма.

На рис. 3 показано, что нарушение гомеостаза, вызванное фактором внешней среды, или сигнал о том, что такое нарушение возможно в будущем, через высшие регуляторные механизмы активируют системы, ответственные за адаптацию. В результате возникают два явления: во-первых, мобилизация функциональной системы, специфически ответственной за адаптацию к данному фактору, и, во-вторых, неспецифический стресс-синдром. В дальнейшем система специфической адаптации осуществляет увеличенную функцию и доминирует в жизнедеятельности организма.

На основе связи между функцией и генетическим аппаратом и при потенцирующем влиянии стресс-синдрома в клетках этой доминирующей системы формируется структурный след, который существенно повышает ее мощность. Развивается надежная и долговременная адаптация, которая устраняет первоначальные нарушения гомеостаза, делает излишним стресс-синдром.

Основой увеличения функциональных возможностей системы, ответственной за адаптацию, является изменение соотношения клеточных структур, а именно: избирательное увеличение массы и мощ-

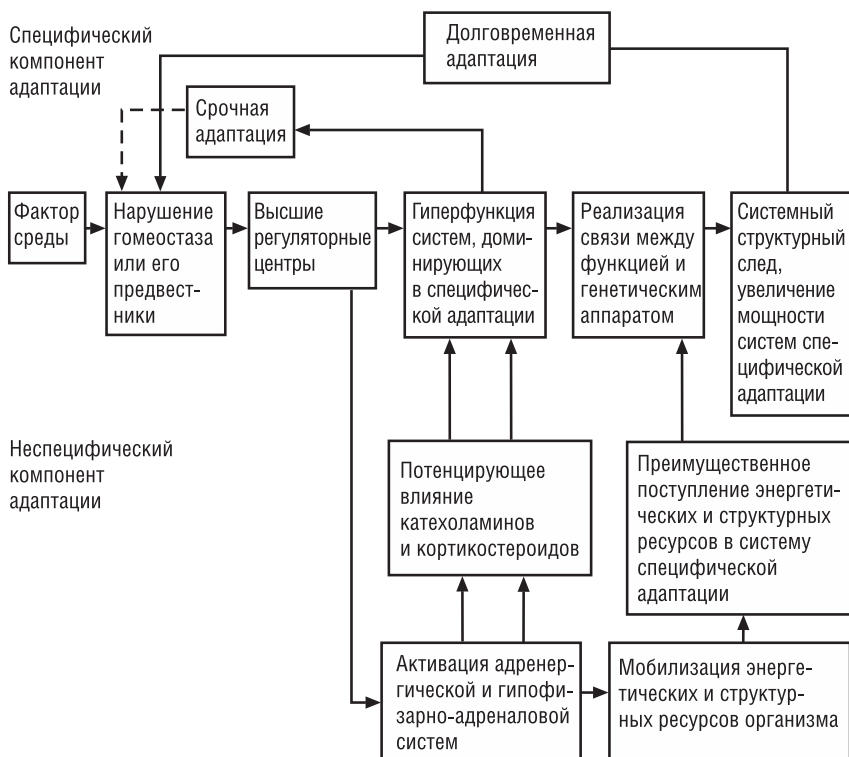


Рис. 3. Общий механизм адаптации

ности структур, ответственных за управление, ионный транспорт, энергообеспечение. Именно этот сдвиг обеспечивает не только большую мощность, но и экономичность ответственной за адаптацию системы, высокую реактивность ее звеньев к управляющим сигналам.

В ходе индивидуальной жизни организм сталкивается с целой гаммой различных экологических факторов, в результате формируется не один структурный след, а сложная совокупность системных структурных следов, которые формируют фенотип организма в соответствии с требованиями среды. При этом сформировавшийся однажды системный структурный след и адаптация к определенному фактору среды не постоянны. По мере изменений в среде меняется спектр адаптационных реакций организма. Это происходит через процесс деадаптации, в ходе которого путем снижения синтеза нуклеиновых кислот и белков и активации процесса деградации структур исчезают, стираются сложившиеся ранее системные структурные следы.

Стресс-синдром, составляющий необходимое начальное звено любой новой адаптации, за счет своего катаболического эффекта одновременно потенцирует процесс деадаптации, т. е. стирания старых, утративших свое биологическое значение структурных следов.

1.5. Структурная цена адаптации

Структурная цена адаптации — это количество молекул нуклеиновых кислот и белка, которое организм должен дополнительно синтезировать для того, чтобы осуществить данную адаптационную реакцию. Понимаемая таким образом структурная цена складывается:

- во-первых, из молекул, дополнительно распавшихся в начальной, срочной, т. е. стрессорной, фазе адаптационной реакции, которые должны быть ресинтезированы по мере формирования устойчивой адаптации;
- во-вторых, из приращения массы структур (т. е., по существу, популяции молекул), которое обычно наблюдается в переходной и устойчивой стадиях процесса, когда развивается гипертрофия органов;
- в-третьих, из ускоренного обновления структуры, ответственной за адаптацию системы, которое может сохраняться в течение всего периода адаптации.

Даже однократное стрессорное воздействие значительно укорачивает жизнь клеточных структур и делает необходимым ускоренный их ресинтез в течение длительного времени. Именно поэтому многократные стрессорные воздействия имеют высокую структурную цену и приводят к изнашиванию организма в процессе старения.

При длительном и значительном увеличении функции любого органа или целой системы долговременная адаптация обеспечивается ценой увеличенного распада и еще более увеличенного биосинтеза нуклеиновых кислот и белков, т. е. имеет определенную структурную цену.

Количество РНК, которое может быть транскрибировано на матрицах ДНК неделящихся дифференцированных клеток, не безгранично; не безгранично и количество молекул белка, которое может быть транслировано с каждой матрицы информационной РНК. Именно поэтому слишком длительная и напряженная долговременная адаптация, достигнутая очень дорогой структурной ценой, может стать причиной локального изнашивания, или локального старения, основой истощения адаптационных возможностей организма.

Определение структурной цены каждой конкретной адаптационной ситуации имеет важное практическое значение. Можно выде-

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ АДАПТАЦИЙ	8
1.1. Определение и классификация физиологических адаптаций	8
1.2. Принципы и механизмы фенотипической адаптации	10
1.3. Гомеостаз и его роль в адаптации организма	11
1.4. Общий механизм индивидуальной адаптации	12
1.5. Структурная цена адаптации	14
<i>Контрольные вопросы и задания к главе 1</i>	18
Глава 2. ВИДЫ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ АДАПТАЦИЙ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА	19
2.1. Генотипическая и фенотипическая адаптация	19
2.2. Срочный и долговременный этапы адаптации	20
2.3. Сложные, или высшие, формы физиологических адаптаций	21
2.4. Формирование системного структурного следа	22
2.5. Экономичность функционирования — главная черта адаптированной системы	23
2.6. Система, ответственная за адаптацию, как доминирующая система организма	25
<i>Контрольные вопросы и задания к главе 2</i>	29
Глава 3. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДЕАДАПТАЦИИ	30
3.1. Обратимость процесса адаптации	30
3.2. Физиологическая и патологическая деадаптация	32
<i>Контрольные вопросы и задания к главе 3</i>	35
Глава 4. ОБЩИЙ МЕХАНИЗМ АДАПТАЦИИ И РОЛЬ В НЕМ СТРЕСС-РЕАКЦИИ, ОСНОВНЫЕ СТАДИИ ПРОЦЕССА	36
4.1. Определение стресса	36
4.2. Стадии развития стресса	38
4.3. Стресс как общая форма ответа организма на действие экстремальных факторов	39

4.4. Стрессорная мобилизация и перераспределение ресурсов организма	43
<i>Контрольные вопросы и задания к главе 4</i>	44
Глава 5. ПОСТСТРЕССОРНЫЕ АДАПТИВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В МЕТАБОЛИЗМЕ	45
5.1. Липотропный эффект стресса	45
5.2. Антиоксидантный эффект глюкокортикоидов на срочную адаптацию	48
5.3. Постстрессорная активация синтеза нуклеиновых кислот и белков ...	50
<i>Контрольные вопросы и задания к главе 5</i>	51
Глава 6. АДАПТАЦИЯ К СТРЕССОРНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ	52
6.1. Определение процесса адаптации к стрессорным ситуациям.	52
6.2. Повреждающая стрессорная ситуация и адаптация к ней.	54
6.3. Изменения регуляции при повторных стрессах	56
6.3.1. Увеличение мощности стресс-реализующих систем.	56
6.3.2. Регуляторное лимитирование мобилизации стресс-реализующих систем	57
6.3.3. Явление десенситизации	58
6.4. Адаптация к стрессорным ситуациям как фактор предупреждения повреждения организма	59
6.4.1. Патогенетическая цепь стрессорного повреждения	59
6.4.2. Адаптация к стрессорной ситуации как фактор предупреждения повреждений сердца	62
6.4.3. Адаптация к коротким стрессорным воздействиям как фактор предупреждения депрессии противоопухолевого иммунитета	63
6.5. Перекрестные эффекты адаптации к стрессорным воздействиям ...	65
<i>Контрольные вопросы и задания к главе 6</i>	67
Глава 7. СТРЕСС-ЛИМИТИРУЮЩИЕ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗМА И ХИМИОПРОФИЛАКТИКА СТРЕССОРНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ...	68
7.1. Роль ГАМК-ергической тормозной системы головного мозга в ограничении стрессорных повреждений	68
7.2. Роль системы тормозных пептидов в предупреждении стрессорных повреждений.	70
7.3. Роль модуляторных антистрессорных систем, функционирующих в органах-мишенях, в адаптации к стрессорным ситуациям	71
7.4. Роль системы адениннуклеотидов и ее продукта аденозина в предупреждении дефицита энергии и ограничении адренергических эффектов.	73
7.5. Активация системы простагландинов как фактор профилактики стрессорных повреждений	74
7.6. Антиоксидантные факторы организма как система естественной профилактики стрессорных повреждений	78
<i>Контрольные вопросы и задания к главе 7</i>	87

Глава 8. РОЛЬ МОНООКСИДА АЗОТА В РАЗВИТИИ СТРЕССА И АДАПТАЦИИ	88
8.1. Продукция оксида азота при различных типах стресса и адаптации ..	89
8.1.1. Роль NO при стрессе	89
8.1.2. Роль NO в адаптации.	94
8.1.3. Система генерации NO как стресс-лимитирующая система. . .	98
8.1.4. Возможные направления дальнейших исследований	100
<i>Контрольные вопросы и задания к главе 8</i>	101
Глава 9. АДАПТАЦИОННЫЕ РЕАКЦИИ ПОВРЕЖДЕННОГО ОРГАНИЗМА	102
9.1. Компенсаторные приспособления в организме при повреждении ..	102
9.2. Срочная и долговременная компенсация	102
9.3. Принципы формирования функциональной системы	104
9.4. Стадии компенсаторного процесса	108
<i>Контрольные вопросы и задания к главе 9</i>	109
Глава 10. ВЫСШИЕ АДАПТАЦИОННЫЕ РЕАКЦИИ ОРГАНИЗМА ...	110
10.1. Основные черты высших адаптационных реакций	110
10.2. Соотношение памяти и адаптации	113
10.3. Взаимосвязь между функцией клетки и генетическим аппаратом ...	116
10.4. Гипотеза о кодировании памяти и адаптивного поведения в макромолекулах	122
10.5. Роль эмоционального стресса в формировании высших реакций организма	122
10.6. Основные стадии формирования условного рефлекса	126
10.7. Общие черты и отличия высших и простых адаптационных реакций организма	128
<i>Контрольные вопросы и задания к главе 10</i>	129
Глава 11. АДАПТАЦИЯ К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ	130
11.1. Общая характеристика адаптации к физическим нагрузкам	130
11.2. Нейрогуморальные механизмы адаптации организма к физическим нагрузкам	133
11.2.1. Нейрогенное звено управления адаптационным процессом. . .	134
11.2.2. Гуморальное звено управления адаптационным процессом. . .	137
11.2.2.1. Срочная адаптация к физической нагрузке, роль стресс-реакции	138
11.2.2.2. Долговременная адаптация к физической нагрузке	146
11.3. Функции скелетных мышц при нагрузке	150
11.3.1. Срочная адаптация. Факторы, определяющие функцию скелетных мышц при нагрузке	150
11.3.2. Механизмы изменения функции скелетных мышц при долговременной адаптации	153
11.4. Дыхание при адаптации к физическим нагрузкам	158

11.4.1. Срочная адаптация. Механизмы регуляции внешнего дыхания при нагрузке	158
11.4.2. Дыхание при долговременной адаптации к физическим нагрузкам.	160
11.5. Система кровообращения и сердце при адаптации к физическим нагрузкам	162
11.5.1. Срочная адаптация. Механизмы мобилизации функции сердца при нагрузке.	162
11.5.2. Механизмы изменения кровообращения и сердца при долговременной адаптации	166
11.6. Основные стадии и общая архитектура системного структурного следа адаптации к физическим нагрузкам	168
11.7. Адаптация к физическим нагрузкам как фактор повышения резистентности и цена этой адаптации	173
<i>Контрольные вопросы и задания к главе 11</i>	177
Глава 12. АДАПТАЦИЯ К ВЫСОТНОЙ ГИПОКСИИ	179
12.1. Общая характеристика адаптации к высотной гипоксии	179
12.2. Системный структурный след и основные стадии адаптации к гипоксии	180
12.3. Адаптация к гипоксии как фактор повышения резистентности.	185
<i>Контрольные вопросы и задания к главе 12</i>	191
Глава 13. АДАПТАЦИЯ К НИЗКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ	192
13.1. Срочная адаптация к холоду неадаптированного организма	193
13.1.1. Сердечно-сосудистые реакции	194
13.1.2. Реакции эндокринных желез и водно-солевого обмена	195
13.1.3. Метаболические реакции увеличения теплопродукции.	197
13.2. Долговременная адаптация к холоду.	197
13.2.1. Режимы адаптации к холоду	199
13.2.2. Механизмы долговременной адаптации к холоду, ее системный структурный след.	200
13.2.3. Цена адаптации к холоду. Отрицательные перекрестные эффекты этой адаптации	208
13.2.4. Положительные перекрестные эффекты адаптации к периодическому действию холода, ее использование для повышения резистентности	211
13.3. Основные стадии адаптации к холоду.	212
<i>Контрольные вопросы и задания к главе 13</i>	214
Глава 14. АДАПТАЦИЯ К ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ	215
14.1. Реакция неадаптированного организма на действие высокой температуры	217
14.1.1. Формирование доминирующей функциональной системы в условиях высокой температуры	219

14.1.2. Поведенческие реакции	223
14.1.3. Теплопродукция	224
14.2. Структурный след в органах, обеспечивающих испарительную теплоотдачу	227
14.3. Поведенческие приспособительные реакции и теплопродукция . .	230
14.4. Соотношение механизмов теплоотдачи и теплопродукции в процессе долговременной адаптации к высокой температуре	233
14.5. Лимитирующее звено и цена адаптации к высокой температуре . .	235
14.6. Основные стадии адаптации к высокой температуре и возможности управления процессом адаптации	238
14.7. Использование защитного эффекта адаптации к высокой температуре при лечении заболеваний почек	242
<i>Контрольные вопросы и задания к главе 14</i>	243
Глава 15. АДАПТАЦИЯ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ	244
15.1. Современные представления о деятельности пищеварительной системы	244
15.1.1. Основные типы пищеварения	244
15.1.2. Основные типы транспортных процессов	246
15.1.3. Организация пищеварительно-транспортных процессов у млекопитающих	248
15.2. Основные формы адаптации	249
15.2.1. Видовые адаптации	249
15.2.2. Адаптации пищеварительной системы в онтогенезе	251
15.3. Индивидуальные адаптации	253
15.3.1. Адаптация к режиму питания	253
15.3.2. Адаптация к качеству пищи	255
15.3.3. Адаптация к пище различной полимерности	258
15.4. Механизмы адаптации	260
15.4.1. Субстратные и гомеостатирующие адаптации	260
15.4.2. Быстрые и медленные адаптации	261
15.4.3. Молекулярные механизмы адаптации. Регуляция на уровне ферментативных и транспортных активностей	262
15.4.4. Адаптивный синтез ферментов	263
15.5. Адаптивные процессы как системные реакции	264
<i>Контрольные вопросы и задания к главе 15</i>	266
ЛИТЕРАТУРА	267

Учебное издание

Батян Анатолий Николаевич
Кравченко Вячеслав Анатольевич
Пухтеева Ирина Викторовна

ФИЗИОЛОГИЯ АДАПТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

Учебное пособие

Редактор *Л. Н. Макейчик*. Художественный редактор *Т. Ю. Таран*.
Компьютерная верстка *Н.В. Шабуни*. Корректор *Л.Н. Макейчик*.

Подписано в печать 08.04.2025. Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 17,5.
Уч.-изд. л. 17,5. Тираж 200 экз. Заказ.

Республиканское унитарное предприятие «Издательство “Адукацыя і выхаванне”».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий №1/19 от 02.08.2013. Ул. Будённого, 21, 220070, г. Минск.

Производственное дочернее унитарное предприятие «Типография Федерации профсоюзов
Беларуси». Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий №2/18 от 26.11.2013. Пл. Свободы, 23-94,
220030, г. Минск.