

УДК 373.167.1:574  
ББК 20.1я72  
Ч-49

**Чернова, Н. М.**

Ч-49 Экология. Базовый уровень : 10—11 классы : учебник / Н. М. Чернова, В. М. Галушин, И. А. Жигарев, В. М. Константинов ; под ред. И. А. Жигарева. — 7-е изд., перераб. — М. : Дрофа, 2019. — 302, [2] с. : ил. — (Российский учебник).

ISBN 978-5-358-23088-0

Учебник предназначен для изучения экологии и адресован учащимся 10—11 классов. Он содержит сведения по общей и социальной экологии, в нем отражены современные экологические проблемы и пути их решения, предпринимаемые мировым сообществом.

Учебник снабжен иллюстрациями в виде рисунков, схем, диаграмм, графиков.

После каждого параграфа приведена дополнительная информация по теме.

В арсенале методического аппарата учебника имеются вопросы и задания, направленные на освоение предметного материала, развитие метапредметных умений и навыков, предложены интересные, нетривиальные темы для дискуссий.

УДК 373.167.1:574  
ББК 20.1я72

ISBN 978-5-358-23088-0

© ООО «ДРОФА», 2013  
© ООО «ДРОФА», 2019, с изменениями

## Как работать с учебником

Внимательно прочитайте основной текст параграфа. Рассмотрите иллюстрации к нему. Наиболее важные формулировки и заключения набраны другим шрифтом и даны с красной строки. Обратите на них особое внимание, подумайте, всё ли в них вам понятно. Проверьте, правильно ли вы усвоили значение терминов, выделенных в тексте курсивом и перечисленных ещё раз в конце параграфа. Выпишите термины в свой экологический словарь. Основная идея кратко сформулирована в конце каждого параграфа рядом с терминами. Обратите внимание на примеры и дополнительную информацию. После них помещены вопросы и задания. Проверьте по ним, как вы усвоили материал. Для ответа на некоторые вопросы потребуются дополнительные знания, в том числе и по другим предметам.

Экологические связи в природе основаны на количественных закономерностях. Поэтому в книге приводится некоторый набор цифровых задач и заданий.

Темы для дискуссий приведены для свободного выбора со стороны учащихся или учителя. При работе над параграфом обязательно познакомьтесь со всеми темами и подумайте, почему они предложены именно в данном параграфе.

При подготовке к следующему уроку обязательно просмотрите рубрику «Вспомните» (если она есть к данному параграфу) и, если вы забыли нужные термины, обратитесь к учебникам или справочникам, это облегчит вам понимание нового материала.

Материалы, отмеченные звёздочкой (\*), являются необязательными для изучения в рамках требований к содержанию курса экологии Примерной основной образовательной программы среднего (полного) общего образования (от 2016 г.).

Желаем успехов!

---

---

# Введение

.....

## Предмет экологии. Её задачи и разделы

*Экология* — это комплексная наука о связях живых организмов, включая человека, с окружающей средой. Эти связи образуют единую и очень сложную систему, которую мы называем жизнью на Земле.

*Человечество* — важная часть этой жизни. Оно возникло как результат развития живой природы, связано с нею всеми корнями, существует за её счёт.

Название «экология» образовано сочетанием двух греческих слов: «ойкос», что означает «дом, жилище», и «логос» — наука, изучение. Название это ввёл немецкий зоолог Эрнст Геккель в 1866 г. Образно говоря, экология — это наука о том, как жить в собственном доме. Для одних видов дом — это крошечный участок среды, как, например, чашечка цветка для живущего в ней насекомого, а для других — широкое пространство материков или океанов. Общий «дом» современного человечества — вся планета Земля, теперь уже вместе с прилегающим космическим пространством.

Жизнь как самое сложное явление в окружающем нас мире изучается системой биологических наук, каждая из которых исследует определённые её аспекты. Систематика, анатомия и морфология разных групп организмов, ботаника, зоология, микробиология, цитология, гистология, генетика, физиология, палеонтология, эволюционное учение и многие другие — всё это биологические науки. В центре внимания экологии тоже живые объекты. Её задачи — изучить, как выживают различные виды в постоянно меняющихся на Земле условиях, что объединяет их с внешним миром, какие законы позволяют сохранять устойчивость жизни при колебаниях и нарушениях внешней среды. Таким образом, экология тесно связана и с теми науками, которые изучают законы неживой природы, т. е. географией, химией, физикой, кибернетикой и многими другими. Экология изучает взаимодействия живой и неживой природы.

Современное человечество, вооружённое техникой и использующее огромное количество энергии, представляет могучую силу, воздействующую на природу Земли. Если эти воздействия не учитывают

природных законов и разрушают установившиеся за миллионы лет экологические связи, возникают катастрофические последствия. Люди уже столкнулись с целым рядом природных катастроф, вызванных человеческой деятельностью, и обеспокоены тенденцией нарастания неустойчивости природы. Поэтому экология в настоящее время приобретает особое значение как наука и сфера практической деятельности, помогающая найти пути выхода из нарастающего кризиса. Всё современное благополучие человечества и дальнейшая его судьба зависят от общей системы жизни на нашей планете. Раскрывая законы связей, на которых основана устойчивость жизни, люди всё глубже понимают, как нужно изменить и организовать свои собственные отношения с природной средой, по каким принципам развивать и использовать нашу техническую вооружённость.

Две главные составные части современного экологического знания — это общая, или фундаментальная, экология, изучающая всю живую природу в целом, и социальная экология, изучающая взаимосвязи человеческого общества с природой. Отсюда проистекают правила и приёмы рационального природопользования, охраны природы и окружающей человека среды. В соответствии с этим предлагаемый учебник состоит из двух частей: «**Общая экология**» и «**Социальная экология**».

Главное назначение этой книги — помочь понять, как много подсказывает нам сама живая природа для грамотного хозяйствования на Земле, и задуматься над взаимоотношениями природы и общества.

## Организация жизни на Земле

Разделы общей экологии, посвящённые изучению организмов, популяций, биоценозов и экосистем, отражают сложность жизни на Земле. Жизнь на нашей планете не хаотична. Она представляет достаточно упорядоченную систему, состоящую из нескольких уровней организации. Первый из них — *организменный*, так как живая природа состоит из великого множества разнообразных *организмов*, а вне их (например, в растворах, осадках, кристаллах и т. п.) жизнь не проявляется. Организмы могут быть разной степени сложности — от одноклеточных бактерий или амёб до гигантских деревьев, слонов или китов, состоящих из миллиардов клеток.

Любой организм теснейшим образом связан с окружающей средой через вещество и энергию, которые поддерживают его жизнь. Растения усваивают энергию солнечных лучей, синтезируя из неорганиче-



**Э. Геккель**  
(1834—1919)

крупный немецкий  
биолог, автор названия  
науки «экология»

ских веществ органические. Животные используют вещество и энергию, заключённые в их пище. Грибы всасывают растворы простых органических веществ, бактерии потребляют как органические, так и разнообразные неорганические соединения. Отработанные продукты обмена веществ выделяются в окружающую среду. Материальную зависимость организмов от внешней среды ещё древнегреческий философ Гераклит выразил словами: «Текут наши тела, как ручьи, и материя постоянно обновляется в них, как вода в потоке». Современная биология признаёт организмы «открытыми системами», которые существуют, пока через них проходят вещество и энергия.

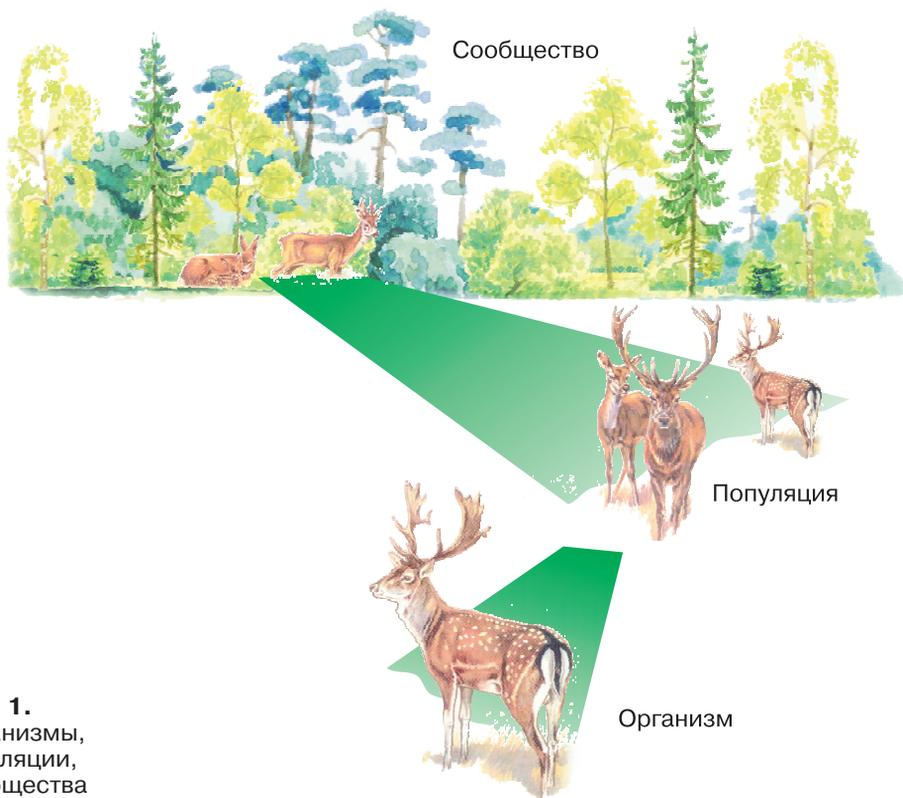
На ход обмена веществ и состояние организмов влияют условия среды: свет, температура, влажность, солевой состав воды или почвы, давление, сила ветра или течения и многие другие. Поэтому любые организмы сильнее всего зависят от окружающей среды, должны быть к ней приспособлены и вне её существовать не могут.

Живая природа состоит также из *видов* и *популяций*. *Популяционно-видовой* — следующий уровень её организации. Любой организм — представитель какого-нибудь вида. В современной живой природе описано несколько миллионов различных видов. Виды распадаются на отдельные популяции, занимающие определённые территории. Особи этих популяций, существуя вместе, взаимодействуют друг с другом в процессах размножения, использования общих ресурсов, защиты от хищников и т. п. Численность популяции зависит и от внешних условий, и от её внутренних связей.

Виды могут состоять всего из одной или из многих тысяч популяций, быть распространёнными очень узко или по всей Земле, приспосабливаясь к разнообразным условиям климата, почв и рельефа. Популяции теснейшим образом связаны со средой обитания, используя её ресурсы и испытывая её воздействие. Они также представляют собой открытые системы, через которые проходят потоки вещества и энергии.

Но и виды с их популяциями не могут существовать сами по себе. В живой природе они сильно зависят от популяций других видов. Весь органический мир складывается из *биоценозов*, или сообществ, представляющих взаимодействующие между собой популяции различных видов на общей территории (рис. 1). Третий уровень организации жизни — *биоценотический*. В биоценозах существование разных видов поддерживается связями между их особями. Это прежде всего пищевые отношения, изменение среды обитания, создание условий жизни друг для друга, деление ресурсов. Однако не все виды могут ужиться вместе. Биоценозы складываются по определённым закономерностям. Для устойчивости биоценозов очень важны как их внутренние связи, так и внешние воздействия.

Ни один биоценоз не может существовать вне зависимости от окружающей среды и от потоков энергии, поступающей извне. Однако, в отличие от организмов и популяций, биоценозы способны поддерживать



**Рис. 1.**  
Организмы,  
популяции,  
сообщества

*круговорот веществ*, т. е. многократно использовать одни и те же атомы и молекулы из неорганической среды. Происходит это благодаря пищевым связям. Органические вещества, создаваемые растениями из простых соединений — воды, углекислого газа и минеральных солей, после переработки их животными, грибами и бактериями вновь разрушаются и становятся доступными для использования их растениями.

Биоценозы вместе с занимаемыми ими участками среды образуют особые ячейки природы — *экосистемы*, где живые и неживые компоненты связаны воедино потоками энергии и круговоротом веществ. *Экосистемный* — ещё один уровень организации жизни. Лес, луг, озеро — примеры природных экосистем. Сад, поле, город — экосистемы, созданные человеком. Экосистемы Земли очень разномасштабны. Мелкие входят в состав всё более крупных, все вместе образуя биосферу. Она представляет собой всю область земного шара, охваченную жизнью и изменённую её влиянием. Биосфера — самая крупная, глобальная экосистема Земли.

Таким образом, жизнь одновременно существует на разных уровнях её организации. Организмы обязательно входят в состав видовых

популяций, которые не существуют в природе вне биоценозов, а биоценозы являются составными частями и главной действующей силой экосистем, поддерживая на Земле круговорот веществ (см. рис. 1).

Человек существенно преобразует экосистемы Земли, создавая сельскохозяйственные угодья, города и посёлки, дороги, промышленные и горнодобывающие предприятия, используя колоссальное количество энергии, влияя, в конечном счёте, на всю биосферу. Одновременно развивается и наука, всё глубже познающая законы взаимодействия живых существ и окружающего мира, — экология.

Экология в своём развитии постепенно охватывала изучением все уровни организации жизни. До середины XIX в. она изучала преимущественно связи организмов различных видов со средой. Затем в ней появились разделы, связанные с обсуждением законов жизни биоценозов и популяций. К середине XX в. сформировался раздел, отражающий особенности строения и функционирования экосистем, а во второй половине XX столетия познание этих законов привело к новым взглядам на взаимоотношения человеческого общества и природы, к стремительному развитию социальной экологии.

Современная экология — это наука, познающая основы устойчивости жизни на всех уровнях её организации, гранотных взаимоотношений общества и природы, рационального использования природных богатств и тем самым — поддержания на Земле человечества. Используя её законы, человечество может найти пути не только выживания, но и дальнейшего процветания на планете.

После первой публикации данного учебника (1995) вышли в свет сотни книг по экологии, многие положения которых приняты во внимание в данном издании. За это время появились новые трактовки экологических терминов и понятий, выявлены новые или обострившиеся угрозы экологического кризиса, требующие особого внимания. Но проявились и определённые региональные успехи в сохранении окружающей среды, в снижении уровней некоторых загрязнений, в поисках новых путей неистощимого использования энергетических и других природных ресурсов, в спасении отдельных видов животных. Пусть эти успехи частные, даже единичные и локальные, но они вселяют оптимизм и уверенность в разрешимость возникающих экологических противоречий, в реальность устойчивого развития, в возможность сосуществования и процветания человечества и живой природы на планете Земля.

- 
- Экология общая.**  
**Социальная экология.**  
**Уровни организации жизни.**
- 
-

*Часть I*

# Общая экология



*Глава 1. Организм и среда*

*Глава 2. Сообщества и популяции*

*Глава 3. Экосистемы*

# Организм и среда

.....



### § 1. Потенциальные возможности размножения организмов\*

Живой мир состоит из организмов. Любой организм смертен и рано или поздно погибает, а жизнь продолжается и процветает, существуя на Земле уже около 4 млрд лет. Живые организмы постоянно воспроизводят себя в веренице поколений, что не свойственно телам неживой природы. Именно способность к размножению позволяет видам существовать в природе очень долго, многие миллионы лет, несмотря на то что каждая особь живёт ограниченное время.

*Способность к самовоспроизведению — главное свойство жизни.*

Даже самый медленно размножающийся вид способен в короткое время произвести столько особей, что для них не хватит места на земном шаре. Всего за пять поколений, т. е. за один-полтора летних месяца, одна-единственная тля может оставить более 300 млн потомков. Взрослая самка трески (рис. 2) способна стать родоначальницей такого стада рыб, которое через 10 лет насчитывало бы 800 млн особей с общей массой более 3 млн т. Через 100 лет её потомкам не хватило бы океана.

Если дать видам возможность размножаться свободно, без ограничений, численность любого из них росла бы в *геометрической прогрессии*, и это несмотря на то, что одни производят за всю жизнь всего несколько яиц или детёнышей, а другие — тысячи и даже миллионы зародышей, которые могут вырасти во взрослые организмы.

Рост в геометрической прогрессии выражается на графике особой кривой. На рисунке 3 изображён рост численности инфузорий, размножающихся делением. В каждом поколении из одной клетки возникает две. Кривая увеличения численности с каждым поколением становится всё круче и вскоре резко уходит вверх. Чем больше потомков оставляют после себя представители разных видов, тем круче изначальный подъём подобной кривой.

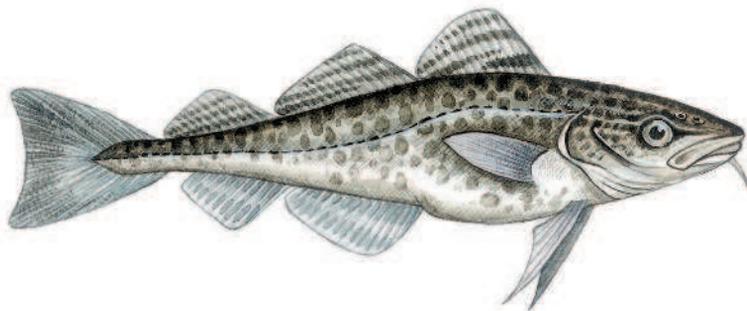
*Все виды живых существ способны размножаться беспредельно.*

Эта способность делает жизнь очень мощной силой на Земле. Огромная живая масса организмов поддерживает круговорот веществ на планете, создаёт горные породы, почвы, регулирует состав вод и атмосферы.

Однако постоянного и беспредельного роста численности отдельных видов в природе мы не наблюдаем. Ни один вид не в состоянии реализовать до конца ту безграничную способность к размножению, которой он обладает.

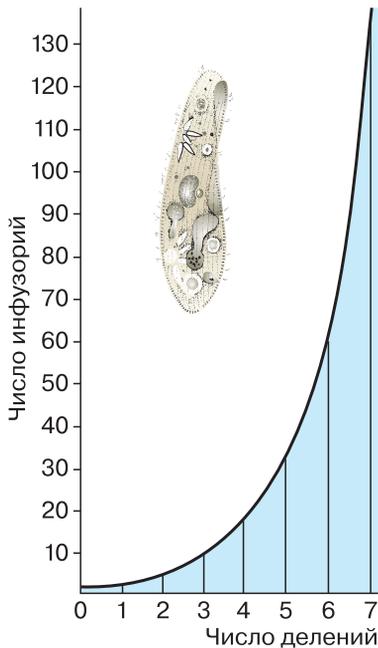
Главный ограничитель на пути к беспредельному размножению организмов — нехватка ресурсов, самых необходимых: для растений — минеральных солей, углекислого газа, воды, света; для животных — пищи, воды; для микроорганизмов — разнообразных потребляемых ими соединений. Запасы этих ресурсов не бесконечны, в разных частях планеты они имеют свои пределы, и этим сдерживается размножение видов.

Второй ограничитель — влияние различных неблагоприятных условий, замедляющих рост и размножение организмов, даже если есть необходимые для этого ресурсы. Всем известно, например, что рост и вызревание растений сильно зависят от погоды, в частности от хода температур. Размножение многих водных обитателей тормозится низким содержанием кислорода в воде или присутствием в ней ряда растворённых веществ.

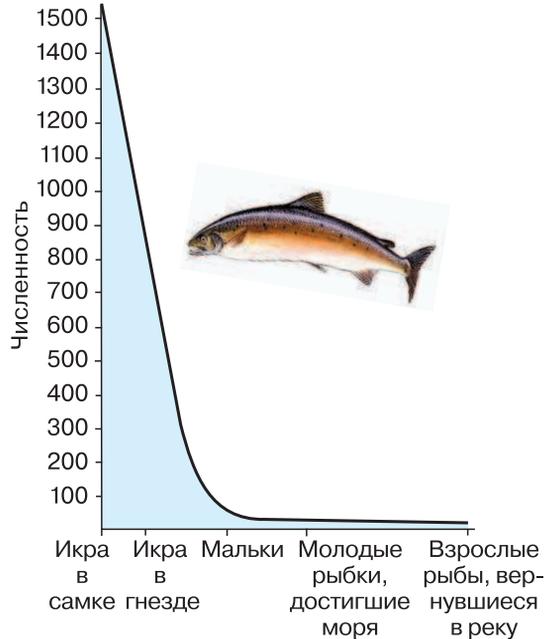


**Рис. 2.**

Атлантическая треска — одна из очень плодовитых рыб



**Рис. 3.**  
Рост численности инфузорий при неограниченном размножении



**Рис. 4.**  
Кривая выживаемости потомства дальневосточной горбуши

Наконец, в природе происходит также огромный отсев, гибель уже произведённых на свет зародышей или подрастающих молодых особей (рис. 4). Большинство из них не доживает до периода собственного размножения и гибнет от врагов, болезней, низких или высоких температур, отсутствия пищи или других причин. Например, тысячи желудей, которые ежегодно производит один большой дуб, оказываются съеденными белками, кабанам, сойками, мышами, насекомыми, или поражаются плесневыми грибами и бактериями, или гибнут на стадии проростков по разным причинам. В результате лишь из считанных желудей вырастают взрослые деревья.

Давно подмечена одна важная закономерность: высокой плодовитостью отличаются именно те виды, у которых очень велика гибель особей в природе. Таким образом, высокая плодовитость далеко не всегда приводит к высокой численности вида. Избыточное производство зародышей как бы покрывает неизбежный отсев в каждом поколении. У видов с хорошо развитой заботой о потомстве плодовитость невысока. В этих случаях небольшого числа яиц или детёнышей достаточно, чтобы выжило следующее поколение. Например, некоторые птицы —

орланы-белохвосты, горлицы, чёрные стрижи — откладывают всего по два яйца, выкармливая и оберегая птенцов до взрослого состояния.

Выживание, рост и размножение, численность организмов являются результатом их сложных взаимодействий со средой обитания.

---

□ **Геометрическая прогрессия размножения.**

□ **Живые организмы способны к беспредельному размножению. Однако численность видов в природе достигает лишь определённых пределов, потому что ограниченность ресурсов, воздействие неблагоприятных факторов и взаимодействия между организмами ставят непреодолимые преграды возможностям безграничного размножения.**

---

## ■ **Примеры и дополнительная информация**

1. Культурные растения, сельскохозяйственные животные, промысловые виды составляют пищевые ресурсы человека, которые постоянно возобновляются именно благодаря размножению организмов.

Продукты жизнедеятельности различных видов, от бактерий до животных, используются во многих отраслях промышленности (текстильная, кожевенная, фармацевтическая и др.). Таким образом, размножение организмов, т. е. воспроизведение ресурсов, создаёт основу жизнеобеспечения человека.

Освоение новых, быстро размножающихся видов может дать богатые дополнительные источники сырья и продуктов питания. Например, в жарких районах в прудах и озёрах разводят синезелёные водоросли из рода спирулина, которые дают урожай в 10 раз выше, чем пшеница. Сухая мука из спирулины богата белком и жирами и используется для корма рыб, домашней птицы, крупного рогатого скота и производства некоторых диетических продуктов для человека.

2. Годовое количество семян на одно растение мать-и-мачехи составляет 60 тыс. Мать-и-мачеха может произрастать только на обнажённых участках почвы, где нет ещё других растений. Плоды-парашютики разносятся ветром, и лишь некоторые случайно попадают в подходящие условия.

Возможности семенного размножения растений огромны. Например, ромашка непахучая производит за год 210 тыс. семян, полынь — до 700 тыс., а дерево чёрного тополя — до 28 млн. Но, кроме того, у растений ещё существует способность к вегетативному размножению. В подходящих условиях растения быстро занимают освободившееся пространство.

Теоретически, по подсчётам известного учёного В. И. Вернадского, чтобы создать общую массу, равную массе земной коры, бактериям при беспрепятственном размножении нужно 1,6 суток, зелёным водорослям — около 24,5 суток, а слонам — 1300 лет. Несмотря на различия, все эти сроки очень малы по сравнению с историей нашей планеты — более 4,5 млрд лет.

3. Среди рыб наибольшей плодовитостью отличаются те, икра которых плавает в толще воды и служит пищей многим водным обитателям. Самое большое число икринок мечет в воду крупная тропическая луна-рыба — до 300 млн ежегодно. Мелкая каспийская килька производит до 60 тыс. икринок, осётр — до 800 тыс., белуга — до 7,7 млн. Средиземноморская акула-пилохвост откладывает всего два крупных яйца в твёрдых роговых капсулах и охраняет их.
4. Плодовитость дальневосточной горбуши — 1,5 тыс. икринок. Самка горбуши перед нерестом вырывает в галечном дне реки продолговатую яму, откладывает туда икру, которую самец поливает молоками, и засыпает сверху слоем песка и гальки. Образуется гнездо-бугор. По подсчётам, в одной из дальневосточных рек в гнёзда горбуши попадает всего 58% икры, произведённой самками, а остальная сносится течением. До весны же в гнёздах сохраняется всего 4% мальков, а абсолютное их большинство гибнет из-за недостаточной аэрации, промерзания, инфекций и других причин. Мальки выносятся течением в море, но по пути служат пищей многим хищным рыбам. Через несколько лет взрослая горбуша возвращается из моря в реку, где она родилась, и приступает к размножению, после которого погибает. В среднем до половозрелого состояния доживает примерно одна особь из возможных 750.

□ **Вопросы. 1.** От растений, возделываемых на полях, человек стремится получить максимально возможную продукцию. Каждое сортовое растение пшеницы может дать до 300 семян, что означало бы урожай в 600 ц на 1 га. Однако на практике высоким считается урожай в 40—50 ц на 1 га. Каковы возможные причины того, что урожайность пшеницы не достигает максимума? **2.** В зрелых буковых лесах взрослые деревья смыкаются кронами. В таких лесах почти нет молодых буков, хотя на старых ежегодно вызревают многие тысячи орешков. Объясните, какие причины могут тормозить появление следующих поколений.

- **Задания. 1.** Два вида полёвок (мелкие мышевидные грызуны) несколько различаются по плодовитости. Самки стадной, или узкочерепной, полёвки приносят в среднем за 1 помёт по 8 детёнышей. У каждой самки за жизнь бывает 4 помёта. У пашенной полёвки число помётов достигает 7, в среднем по 6 детёнышей. Какое число потомков от одной самки каждого вида может быть получено в третьем поколении? Каким будет соотношение видов по численности и по массе, если вес стадной полёвки составляет для самцов 50 г, для самок — около 34 г, а пашенной полёвки — 44 и 32 г соответственно? **2.** По принципу построения графика на рисунке 3 начертите кривые для видов с разной скоростью размножения: каждое следующее поколение больше материнского в 2, 3, 5 раз. Сравните конфигурацию и наклон кривых. **3.** Одно растение василька голубого производит в среднем 1500 семян. Семена сохраняют всхожесть до 10 лет. Определите запасы семян этого сорняка в почве после 3 лет засорения им посевов на одном поле со средней численностью 3 растения на 1 м<sup>2</sup>.
- **Темы для дискуссий. 1.** Почему у растений число зачатков никогда не бывает таким малым, как у некоторых животных, производящих за один раз всего по одному детёнышу или яйцу? **2.** Если каждый вид обладает способностью к безграничному размножению, как объяснить наличие в природе большого числа редких видов? **3.** Плодовитость сизого голубя и чёрного грифа одинакова: 2 яйца в кладке. Однако голубей в природе много, а гриф находится под угрозой исчезновения. Как это объяснить? **4.** Сельскохозяйственная наука обладает большой суммой знаний о том, как управлять размножаемостью культурных растений и сельскохозяйственных животных. Почему в таком случае во многих странах мира существует продовольственная проблема? **5.** Почему в природе взрывы численности отдельных видов, демонстрирующие их способность к размножению, называют экологическими катастрофами? **6.** Многие быстро размножающиеся насекомые: тараканы, комнатные мухи, комары и другие — вредят человеку. Каково ваше мнение, можно ли использовать потенциал их размножения в хозяйственных целях? Если нет, то почему, а если да, то для каких нужд? **7.** На полях, занятых сельскохозяйственными культурами, часто происходят взрывы численности тех видов насекомых, которые никогда не размножались в таком количестве в природе. Каково ваше мнение, почему это происходит?

## ВСПОМНИТЕ

*Экологические факторы*

## § 2. Общие законы зависимости организмов от факторов среды

Любые свойства или компоненты внешней среды, оказывающие влияние на организмы, называют *экологическими факторами*. Свет, тепло, концентрация солей в воде или почве, ветер, град, враги и возбудители болезней — всё это экологические факторы, перечень которых может быть очень большим.

Среди них различают *абиотические*, относящиеся к неживой природе, и *биотические*, связанные с влиянием организмов друг на друга.

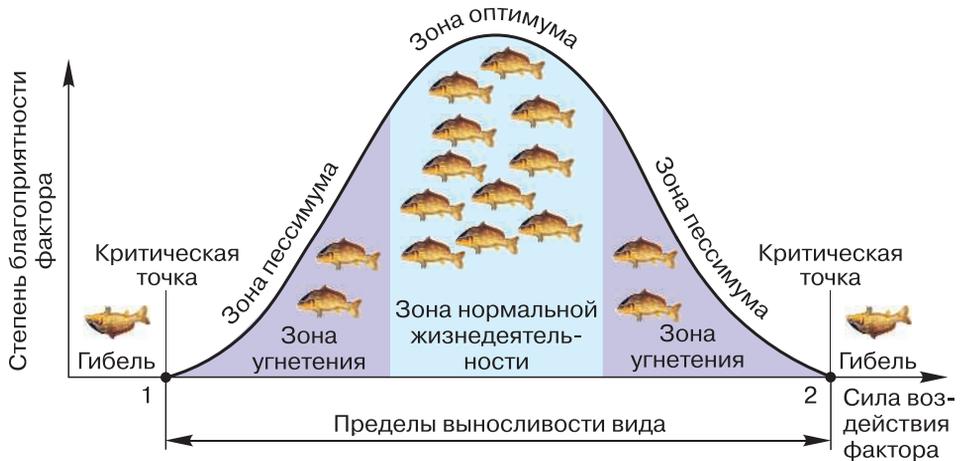
Экологические факторы чрезвычайно разнообразны, и каждый вид, испытывая их влияние, отвечает на него по-разному. Тем не менее есть некоторые общие законы, которым подчиняются ответные реакции организмов на любой фактор среды.

Главный из них — *закон оптимума*. Он отражает то, как переносят живые организмы разную силу действия экологических факторов. Сила воздействия каждого из них постоянно меняется. Мы живём в мире с переменными условиями, и лишь в определённых местах планеты значения некоторых факторов более или менее постоянны (в глубине пещер, на дне океанов).

*Закон оптимума выражается в том, что любой экологический фактор имеет определённые пределы положительного влияния на живые организмы.*

При отклонении от этих пределов знак воздействия меняется на противоположный. Например, животные и растения плохо переносят сильную жару и сильные морозы; оптимальными являются средние температуры. Точно так же и засуха, и постоянные проливные дожди одинаково неблагоприятны для урожая. Закон оптимума свидетельствует о мере каждого фактора для жизнеспособности организмов. На графике он выражается симметричной кривой, показывающей, как изменяется жизнедеятельность вида при постепенном увеличении воздействия фактора (рис. 5).

В центре — *зона оптимума*. При оптимальных значениях фактора организмы активно растут, питаются, размножаются. Чем больше от-



**Рис. 5.**  
Схема действия факторов среды на живые организмы