

Н. И. НИКОЛАЙКИН, Н. Е. НИКОЛАЙКИНА,
О. П. МЕЛЕХОВА

ЭКОЛОГИЯ

Рекомендовано

Научно-методическим советом по экологии

Министерства образования и науки

Российской Федерации в качестве

учебника для студентов высших учебных заведений,

обучающихся по техническим направлениям

8-е издание, переработанное и дополненное



Москва

Издательский центр «Академия»

2012

УДК 504.75(075.8)
ББК 20.1я73
Н631

Рецензенты:

кафедра «Экология и промышленная безопасность» Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана (зав. кафедрой — д-р техн. наук, проф. *Г. П. Павлихин*);

чл.-кор. РАН, д-р биол. наук, проф. *Е. А. Криксунов* (Биологический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова);

засл. деят. науки и техники РФ, засл. эколог РФ, д-р техн. наук, проф.

О. Н. Русак (президент Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности);

д-р биол. наук, проф. *Т. А. Трифонова* (зав. кафедрой экологии Владимирского государственного университета)

Николайкин Н. И.

Н631 Экология : учебник для учреждений высш. проф. образования / Н. И. Николайкин, Н. Е. Николайкина, О. П. Мелехова. — 8-е изд., перераб. и доп.— М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 576 с. — (Сер. Бакалавриат).
ISBN 978-5-7695-8412-1

Учебник создан в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами для технических направлений подготовки (квалификация «бакалавр»).

В учебнике приведены основные сведения об истории становления и развития экологии, рассмотрены основные закономерности взаимоотношений организмов на всех уровнях организации со средой их обитания, биосфера в целом, пределы ее устойчивости, роль и место человека в ней, а также изложены современные представления о причинах и особенностях экологических кризисов, предпринимаемых мерах по обеспечению экологической безопасности и устойчивого развития биосферы и человека настоящего и будущих поколений.

Для студентов учреждений высшего профессионального образования

УДК 504.75(075.8)
ББК 20.1я73

*Оригинал-макет данного издания является собственностью
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом
без согласия правообладателя запрещается*

© Николайкин Н. И., Николайкина Н. Е., Мелехова О. П., 2012

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2012

ISBN 978-5-7695-8412-1 © Оформление. Издательский центр «Академия», 2012

Содержание учебника соответствует примерной программе дисциплины «Экология», рекомендованной Научно-методическим советом по экологии Министерства образования и науки РФ для непрофильных специальностей и направлений.

Взяв за основу многолетний опыт подготовки специалистов по направлению «Технические науки» и специальности «Техника и технологии», а также переизданный семь раз в течение 10 лет учебник «Экология» (М.: Издательство «Дрофа», 2000—2009. — 622 с.), авторы ориентировались на создание учебника прежде всего для бакалавров техники и технологий.

В государственных образовательных стандартах третьего поколения, введенных в действие в системе высшего профессионального образования России с 2011 г., предусматривающих подготовку бакалавров техники и технологий, среди прочего указано, что при изучении базовой части математического и естественно-научного цикла дисциплин бакалавр должен знать:

- основы взаимодействия живых организмов с окружающей средой;
- естественные процессы, протекающие в атмосфере, гидросфере, литосфере;
- факторы, определяющие устойчивость биосферы;
- методы анализа взаимодействия человека и его деятельности со средой обитания;
- характеристики возрастания антропогенного воздействия на природу;
- принципы рационального природопользования.

Среди умений, которыми должен обладать бакалавр, отмечается умение *«осуществить в общем виде оценку антропогенного воздействия (в процессе своей профессиональной деятельности) на окружающую среду с учетом специфики природно-климатических условий»*.

Соответствовать перечисленным требованиям бакалавр может только на основе прочных экологических знаний. Формирование у выпускников вузов экологического мышления, т.е. способности оценивать последствия принятых технических, организационных и прочих решений для окружающей среды, — одна из основных целей данного учебника.

При написании учебника авторы стремились отразить современное состояние науки. Однако и биология, в целом, и экология, в частности, непрерывно развиваются. Появляются новые факты, пока не объяснимые с существующих позиций либо опровергающие их. Многие фундаментальные концепции, считавшиеся неизменными в течение десятилетий и изложенные в научных и учебных изданиях, пересматриваются. Поэтому приходилось выбирать между разными точками зрения, ориентироваться на новизну или достоверность источника, а также делать многочисленные оговорки и примечания.

Каждая наука имеет свою точку отсчета и свои вехи развития. К экологии, так же как и к геологии и особенно к биологии, применимы слова А. Эйнштейна: «Знание является функцией времени». Становление этих наук было долгим, сложным и пока не завершено. При этом каждая, с одной стороны, опирается на точные факты и знания, а с другой стороны, их теоретическая база до сих пор основана на гипотезах и интуитивных догадках. Желающим глубже ознакомиться с историей становления и развития этих наук и особенно с вопросами (гипотезами) возникновения и эволюции нашей планеты и жизни на ней следует обратиться к специальной литературе.

Благодаря предметному указателю данным изданием можно пользоваться и как словарем-справочником.

Авторский коллектив книги включает представителей трех вузов — Московского государственного технического университета гражданской авиации, Московского государственного университета инженерной экологии, Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова. Учебник является результатом почти тридцатилетнего опыта чтения авторами курса «Экология» в технических вузах.

Гл. 1, 4, подразд. 2.1.2, 2.1.4.4, 2.3.7, 6.9, 7.1 написаны О. П. Мелеховой; подразд. 2.1.1, 4.2.2, 5.1—5.8, 6.2—6.4, 7.4, 7.6.3, 7.8.1—7.8.3, 8.2 и заключение написаны Н. Е. Николайкиной; гл. 3 и подразд. 6.8 — совместно Н. Е. Николайкиной и Н. И. Николайкиным; подразд. 7.6.6, 8.4 — совместно О. П. Мелеховой и Н. И. Николайкиным; подразд. 5.9, 6.5, 7.3, 7.7.3—7.7.5, 7.8.4 — А. М. Матягиной; остальное — Н. И. Николайкиным.

Авторы выражают глубокую благодарность всем рецензентам данной книги и предыдущих изданий учебника «Экология» 2000—2009 гг. за поддержку, ценные советы и рекомендации при сборе и анализе исходных материалов, а также всем сотрудникам и коллегам, особенно канд. хим. наук В. Е. Леликовой и С. Е. Зеверовой, за всемерную помощь в подготовке рукописи к изданию.

Авторы будут благодарны всем, кто сочтет целесообразным высказать замечания и пожелания по содержанию учебника.

Глава 1

ЭКОЛОГИЯ КАК НАУКА (Введение)

Экология — это наука, изучающая взаимоотношения организмов между собой и с окружающей средой. Часто встречается перевод термина «экология» как учение о доме, жилище. Это не точно. Древние греки понимали этот термин значительно шире. Экосом они называли любое место пребывания человека: и хороший пляж, где люди собирались для купания, и горное пастбище, где пастухи пасли овец.

В середине XX в. экологию стали понимать как науку об экосистемах и биосфере. Начало такому пониманию положили работы В. И. Вернадского, В. В. Докучаева, Ю. П. Одум, А. Дж. Тенсли, Н. В. Тимофеева-Ресовского и других известных ученых. В результате стало ясно, что современная биосфера, среда обитания всех живых организмов, является продуктом их жизнедеятельности: неустанного воспроизведения, метаболизма (обмена веществ) и посмертного разложения мириадом живых существ. Почвенная, водная, наземная, воздушная среда жизни есть результат постоянного взаимодействия и взаимопроникновения живого и неживого веществ. Ни один вид живых организмов не может существовать исключительно среди себе подобных. Жизнь возможна только в сообществах (биоценозах) и в строго определенной совокупности условий, характеризующей место их обитания (биотоп). Единство биотопа и биоценоза — основная концепция современной экологии, концепция экосистемы.

Экосистемы и биосфера в целом являются высшим уровнем организации живого на планете Земля. Они, как и любая живая система, способны к саморегуляции, т. е. к самосохранению, поддержанию своего видового состава и воспроизведению связей между отдельными видами. Такое представление об устойчивости экосистем, их гомеостазе или, иначе, об экологическом равновесии — одно из основополагающих понятий современной экологии.

Преимущественно экология изучает живые системы с уровнем организации от организма до биосферы (рис. 1.1).

Биосфера и отдельные экосистемы могут переносить значительные *антропогенные* (от греч. *antropos* — человек и *genesis* — про-

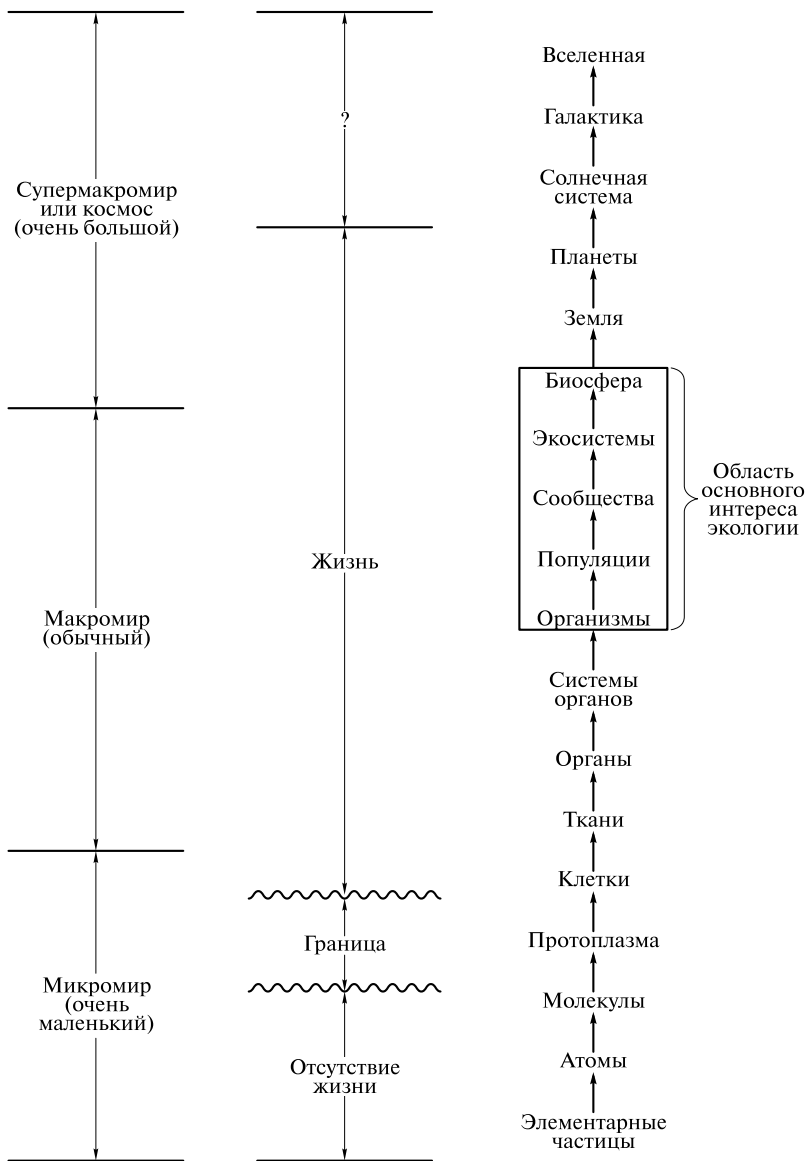


Рис. 1.1. Уровни организации материи (по Т. Миллеру)

исхождение) **нагрузки** благодаря возможности саморегуляции, самоочищения и самовосстановления. Однако эти свойства имеют естественные пределы, которые называют *емкостью экосистем*.

В настоящее время экология является фундаментальной наукой о взаимодействии Природы и Человека.

1.1. Предмет и задачи экологии

Основным *объектом* изучения в экологии являются совокупности различных видов растений, животных и микроорганизмов, взаимодействующих между собой и окружающей их средой так, что все совокупности сохраняются неопределенно долгое время, т. е. экосистемы.

Предмет изучения в экологии — взаимоотношения между живыми организмами (в том числе человеком) и средой их обитания.

Современную экологию часто подразделяют на две части:

— общую экологию, традиционно изучающую закономерности взаимоотношений любых организмов (включая человека) со средой обитания;

— прикладную экологию, решающую современные проблемы, возникающие от воздействия хозяйственной деятельности человека на природу, и разрабатывающую методы защиты окружающей среды.

В соответствии с данной классификацией *задачами общей экологии* является изучение:

- общих правил устройства жизни, взаимовлияния между организмами, их сообществами и условиями среды обитания;
- механизма обеспечения устойчивости экосистем;
- поддержания численности организмов в допустимых пределах;
- адаптации организмов к изменениям среды обитания;
- роли и механизмов поддержания биологического разнообразия на планете;
- глобальных биосферных процессов, их эволюции и прогнозирования.

Задачи прикладной экологии состоят в следующем:

- изучение и оценка объемов влияния хозяйственной деятельности человека на окружающую среду;
- моделирование и прогнозирование изменения состояния природной среды под действием антропогенных факторов;
- исследование возможностей, путей и методов защиты окружающей среды от загрязнения;
- создание методов рационального природопользования;
- разработка мероприятий по сохранению среды обитания человека, защите окружающей среды, восстановлению нарушенных природных систем.

1.2. Становление экологии

Существование цивилизации на нашей планете неразрывно связано с природными условиями. Она возникла тогда, когда человек научился использовать огонь и другие средства и орудия, позволявшие ему изменять среду обитания. Экология приобрела практический интерес уже на заре человечества. Первобытный человек, борясь за выживание, должен был иметь определенные знания о видах животных, их повадках, местах обитания.

На протяжении тысячелетий человек пытался покорить природу, но только недавно осознал, что Земля — не более чем «космический корабль» с ограниченными ресурсами. Нерачительное их использование и загрязнение окружающей среды могут сделать невозможной жизнь последующих поколений.

Появившись на планете, человек на всех стадиях развития влиял на среду обитания сначала как просто биологический вид, затем как охотник, имеющий специальные орудия, позволяющие уже в эпоху Великих оледенений воздействовать на видовой и численный состав животных. Выжигая леса, собирая съедобные виды растений, он влиял на природу через усиление естественно идущих процессов и формирование антропогенных ландшафтов. Развитие земледелия, скотоводства привело к росту общин и возникновению первых крупных поселений, способствовало прогрессу в изготовлении орудий труда.

За 2 тыс. лет до н.э. в Египте и Месопотамии человек создал грандиозные оросительные системы, принципиально изменившие окружающий мир.

Происходившие в результате хозяйственной деятельности изменения природных условий тогда еще не были велики и носили локальный характер. Тем не менее они вели к эрозии почв, их засолению, опустыниванию, а в конечном итоге к региональным экологическим кризисам и исчезновению цивилизаций, их создавших.

Возникшие на заре цивилизации города первоначально хорошо «вписались» в природную среду, несмотря на то, что по числу населения многие города древности (Фивы, Вавилон, Рим) вполне сопоставимы с современными. Так, согласно переписи населения Рима, проведенной в 14 г. н.э. императором Августом, в городе проживали 4 млн 937 тыс. человек.

Создавая первые города, человек еще неосознанно понимал необходимость соблюдения определенных санитарных норм. Первая из известных сегодня систем городской канализации появилась в III—II тысячелетиях до н.э. в Индии. В Риме был построен водопровод, действовала система канализации. После падения Римской империи в 400-х годах н.э. в городах государства, образовавшихся на ее развалинах, вплоть до XIII—XIV вв. царил антисанитария, поскольку необходимые знания были утрачены.

Техническая революция, начавшаяся в конце XVIII в., привела к тому, что последствия деятельности человека стали сопоставимы с природными явлениями.

«Экологически» мыслили, т. е. видели связь между живыми организмами и окружающей средой, ученые Древней Греции и Рима. Экология как наука начала формироваться в конце XVIII в., вначале как один из разделов зоологии.

Развитие классической биологии долгое время шло по пути изучения *морфологических*¹ и функциональных особенностей организмов в их единстве с условиями существования. Предысторией современной экологии являются труды натуралистов и географов XVIII—XIX вв.

Первые представления о биосфере как области жизни и оболочке Земли даны Ж.-Б. Ламарком (1744—1829) в труде «Гидрология». Термин «биосфера» впервые ввел в научный обиход в 1875 г. австрийский геолог Э. Зюсс (1831—1914), в работах которого биосферу понимали как тонкую пленку жизни на земной поверхности, в значительной мере определяющую лик Земли.

Существенной вехой в развитии науки об образе жизни различных живых организмов, и в том числе человека, является труд Т. Мальгуса (1798), в котором приведены уравнения экспоненциального роста популяций как основы демографических концепций.

Несколько позже П. Ф. Ферхюльст предложил уравнение «логистического» роста (см. подразд. 2.2.3.2). Эти работы обосновали представления о динамике численности популяций. Тогда же в трудах врача В. Эдвардса, философа О. Конта и биолога И. И. Мечникова было положено начало экологии человека. Социальные аспекты экологии человека отражены в трудах О. Конта, Д. Милля и Г. Спенсера, а также американских социологов Р. Парка и Е. Берджеса.

В России заслуга в формировании основных положений экологии и экологического мировоззрения принадлежит проф. Московского университета Карлу Францевичу Рулье (1814—1858). Еще до выхода в свет труда Э. Геккеля он сформулировал основной принцип взаимоотношений организма и среды, названный им «Законом двойственности жизненных начал». Им же обозначены проблемы изменчивости, адаптации, миграций и влияния человека на природу. К. Рулье в своих лекциях и печатных трудах обсуждал взаимодействие организмов со средой с позиций, близких дарвинским.

Во второй половине XVIII в. благодаря многочисленным экспедиционным исследованиям флоры и фауны (работы А. Гумбольдта, А. Уоллеса, Ф. Скеттера) в виде отдельной науки начала оформ-

¹ Морфология (от греч. *morphē* — форма) — учение о форме и строении организмов.

ляться биогеография, позже ставшая одной из основ современной экологии. В России ее развитие связано с трудами К. М. Бэра, Н. А. Северцева и др.

Во второй половине XIX — начале XX в. большое внимание уделяли изучению влияния отдельных факторов (главным образом климатических) на распространение и динамику организмов. К догеккелевскому периоду развития экологии относят, в частности, работы ученого-агронома Ю. Либиха, который сформулировал известный закон минимума.

Термин «*экология*» (от греч. *oikos* — дом, родина и *logos* — учение) впервые введен в 1866 г. немецким биологом, профессором Йенского университета Э. Геккелем (1834—1919). В своем труде «Всеобщая морфология» (1866) он писал: «Экология — это познание экономики природы, одновременное исследование взаимоотношений всего живого с органическими и неорганическими компонентами среды, включая антагонистические и неантагонистические отношения животных и растений, контактирующих друг с другом».

Труд Геккеля построен на громадном фактическом материале, накопленном классической биологией, и главным образом посвящен тому направлению, которое сейчас называют *аутэкологией* или экологией отдельных видов. Кроме того, в трудах Геккеля прослеживается еще одно важное обстоятельство — понимание экологии как «экономики природы». С этого времени экология из раздела биологии превращается в междисциплинарную науку, охватывающую многие области знаний.

В XX в. в рамках экологии сформировалось самостоятельное направление физиологии, посвященное исследованию механизмов адаптации. В России представителями этого направления, достигшего расцвета в 60—70-х годах XX в., были Н. И. Калабухов, А. Д. Слоним, а в последние годы — академик И. А. Шилов.

В 1927 г. Ч. Элтон выпустил первый учебник-монографию по экологии. В нем было описано своеобразие биоценологических процессов, дано понятие экологической ниши, обосновано «правило экологических пирамид», сформулированы принципы популяционной экологии. Вскоре были предложены математические модели роста численности популяций и их взаимодействия (В. Вольтерра, А. Лотка), проведены лабораторные опыты по проверке этих моделей (Г. Ф. Гаузе).

Таким образом, в 20—30-е годы XX в. сформировалось направление экологии популяций, в 30-е годы — понятие экосистемы. Его введение связывают с работами А. Тенсли (1935). Под экосистемой понимали совокупность организмов и неживых компонентов среды их обитания, при взаимодействии которых происходит более или менее полный биотический круговорот (с участием продуцентов, консументов и редуцентов). В то же время продолжались широкие

количественные исследования функциональных особенностей различных экосистем — их структуры, продуктивности, условий их устойчивости, трофических связей в экосистемах.

В начале 40-х годов XX в. В. Н. Сукачев (1880—1967) обосновал концепцию биогеоценоза, имевшую большое значение для развития теоретической базы экологии. В 50-е годы сформировалась общая экология, основное внимание в которой уделяется изучению взаимодействия организмов и структуры образуемых ими систем. К 70-м годам XX в. сложились направления, называемые «физиологической» и «эволюционной» экологией. В настоящее время получили развитие «количественная» экология и математическое моделирование биосферных и экосистемных процессов.

Изучение общепланетарных процессов развинулось после выхода в свет в 1926 г. книги В. И. Вернадского «Биосфера», где рассмотрены свойства «живого вещества» и его функции в формировании как современного лика Земли, так и всех сред жизни на планете (водной, почвенной и воздушной). Предшественником и единомышленником В. И. Вернадского был В. В. Докучаев (1846—1903), создавший учение о почве как о естественно-историческом теле.

В. И. Вернадский (1863—1945) обосновал роль живого вещества как наиболее мощного геохимического и энергетического фактора — ведущей силы планетарного развития. В его работах ясно прослеживается значение для космоса жизни на планете Земля, а также значение космических связей для биосферы. Впоследствии эта космическая линия в экологии была развита в трудах А. Л. Чижевского, основателя современной науки гелиобиологии.

В. И. Вернадский проследил эволюцию биосферы и пришел к выводу, что деятельность современного человека, преобразующего поверхность Земли, по своим масштабам стала соизмерима с геологическими процессами на планете. В результате стало ясно, что использование природных ресурсов планеты происходит без учета закономерностей и механизмов функционирования биосферы. Тем не менее завершающим этапом эволюции биосферы он считал появление ноосферы — сферы разума (см. подразд. 3.5.2.4).

В. И. Вернадский отмечал, что жизнь в геологически обозримый период всегда существовала в форме биоценозов — сложно организованных комплексов разных организмов. При этом живые организмы были тесно связаны со средой обитания, образуя целостные динамические системы.

В ходе развития жизни неоднократно происходила смена одних групп организмов другими, но поддерживалось более или менее постоянное соотношение форм, выполняющих те или иные геохимические функции.

В табл. 1.1 приведен календарь событий, иллюстрирующий долгий путь становления экологии как науки.