

ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Под редакцией Я. Д. Вишнякова

Допущено

Учебно-методическим объединением

по классическому университетскому образованию

в качестве учебного пособия для студентов высших

учебных заведений, обучающихся по направлению

«Биология» и смежным направлениям



Москва

Издательский центр «Академия»

2013

УДК 574(075.8)

ББК 20.18я73

Э40

Рецензенты:

доктор экономических наук, профессор *Т.А.Акимова*
(кафедра макроэкономического регулирования и планирования Российского университета дружбы народов);

доктор биологических наук, профессор *А.В.Смуров*
(Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова)

Э40 **Экология** и рациональное природопользование : учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования / [Я.Д.Вишняков, А.А.Авраменко, Г.А.Аракелова, С.П.Киселева]; под ред. Я.Д.Вишнякова. — М. : Издательский центр «Академия», 2013. — 384 с. — (Сер. Бакалавриат).

ISBN 978-5-7695-9557-8

Учебное пособие создано в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки «Биология» (квалификация «бакалавр»).

В пособии изложены основы общей экологии и экологии человека. Описаны история развития экологических знаний и процессы, происходящие в биосфере и экосистемах. Рассмотрены современные проблемы природопользования, исторические этапы взаимодействия человека и природы, различные взгляды на рациональное природопользование, принципы рационального природопользования как основы устойчивого развития общества и природы, природно-ресурсный потенциал и его использование, антропогенное преобразование биосферы, организация рационального природопользования и охраны окружающей среды в России, международное сотрудничество в области охраны окружающей среды и рационального природопользования.

Для студентов учреждений высшего профессионального образования.

УДК 574(075.8)

ББК 20.18я73

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

© Вишняков Я.Д., Авраменко А.А., Аракелова Г.А.,
Киселева С.П., 2013

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2013

© Оформление. Издательский центр «Академия», 2013

ISBN 978-5-7695-9557-8

Экология — одна из наиболее бурно развивающихся наук. Представляя собой науку о жизни, она существует и развивается одновременно как мировоззренческое направление (не претендуя, однако, на место философии), специальная наука и междисциплинарная область знаний. Развитие экологии всегда опиралось на ее биологические основы, которые приобрели особое значение в настоящее время, когда человечество постепенно (но, к сожалению, слишком медленно) начинает осознавать, что человек — часть природы. При этом объективная оценка роли человека в природе оставляет мало места для оптимизма. Действительно, человек — это сверхактивный потребитель природных ресурсов, сам по себе не представляющий особого интереса для окружающей природной среды, так как он не является специфическим и необходимым звеном какой-либо пищевой цепи. Возможное исчезновение человеческой популяции на Земле отразится только на существовании двух видов вшей, паразитирующих на человеке: *Pediculus humanus* и *Phthirus pubis*. Остальные представители животного мира Земли не пострадают, а по большей части даже и не заметят исчезновение человека.

Огромная (7 млрд) популяция человека весьма ощутимо и неоправданно негативно воздействует на окружающую природную среду: атмосферу, гидросферу, литосферу и биосферу. В результате активной человеческой деятельности нарушена естественная сбалансированность биосферных процессов, сформировавшаяся задолго до появления человека на Земле. На ранних этапах развития человеческой цивилизации восстановительный потенциал природы был достаточен для компенсации и нейтрализации антропогенного давления. В настоящее время компенсационные возможности исчерпаны, а антропогенное воздействие продолжает возрастать — Земля оказалась в состоянии глобального экологического кризиса.

На протяжении всего XX в. выдающиеся ученые и мыслители России и других цивилизованных стран предупреждали о том, что человечество не должно забывать об ограниченности главных ресурсов, определяющих возможность жизни на Земле, и о роли биоты в сохранении и восстановлении этих ресурсов. «Биосфера Земли — эта гигантская живая фабрика, преобразующая энергию и вещество на поверхности нашей планеты, — формирует и равновесный состав атмосферы, и состав растворов в природных водах, а через атмосфе-

ру — энергетику нашей планеты. Она же влияет на климат. Вспомним огромную роль в круговороте влаги на земном шаре испарения воды растительностью, растительным покровом Земли. Следовательно, биосфера формирует все окружение человека. И небрежное отношение к ней, подрыв ее правильной работы будет означать не только подрыв пищевых ресурсов людей и целого ряда нужного людям промышленного сырья, но и подрыв газового и водного окружения людей. В конечном счете, люди без биосферы или с плохо работающей биосферой не смогут вообще существовать на Земле»¹.

Развитие человеческой цивилизации начиная с конца XIX в. и на протяжении всего XX в. происходило в рамках ложной и в высшей степени бесперспективной парадигмы общества неудержимо растущего потребления, что в начале XXI в. привело к глобальному системному кризису, одна из основных составляющих которого — глобальный экологический кризис.

Понимание реальности приближающейся глобальной экологической катастрофы и необходимости смены парадигмы развития породило во всем цивилизованном мире, включая Россию, повышенный интерес к экологическому образованию и просвещению, экологической культуре. Экологическое образование стало неотъемлемой частью подготовки специалистов в любой области человеческой деятельности. Только экологически грамотный человек может жить и работать в условиях устойчивого развития современной человеческой цивилизации, опирающегося на коэволюцию человечества и окружающей природной среды.

Учебное пособие состоит из 12 глав, которые сведены в два раздела. Раздел I посвящен основам общей экологии и экологии человека и содержит 6 глав. Глава 1 с позиций системного подхода формирует представление об экологии как науке, знакомит с историей развития экологических знаний, особенностями объектов, методами и задачами экологических исследований.

В главе 2 раскрыто понятие «живое вещество биосферы», рассмотрены его функции, закономерности распределения живых организмов в биосфере, круговороты веществ в природе, а также глобальные экологические проблемы.

Глава 3 содержит информацию о структуре, закономерностях функционирования и развития экосистем, подходах к их типизации.

Глава 4 посвящена структуре и функционированию популяций и сообществ, роли биотической среды и биотических факторов, закономерностям популяционной динамики, процессам регуляции и саморегуляции численности в популяции, взаимоотношениям между членами популяции.

¹ Тимофеев-Ресовский Н. В. Краткий очерк теории эволюции / Н. В. Тимофеев-Ресовский, Н. Н. Воронцов, А. В. Яблоков. — М.: Наука, 1969.

Глава 5 знакомит с закономерностями действия экологических факторов на живые организмы, характеристиками основных сред жизни, а также адаптацией организмов к различным факторам среды.

Глава 6 содержит сведения о человеке как биологическом виде, среде обитания человека и его адаптациях к ней. Рассмотрены радиационные аспекты экологии человека, дана характеристика современному экологическому кризису.

Раздел II посвящен основам рационального природопользования и охраны окружающей среды.

В главе 7 описываются основные этапы взаимодействия общества и окружающей природной среды, характерные виды хозяйственной нагрузки и экологические последствия, начиная с древних цивилизаций и до настоящего времени; систематизированы и раскрыты базовые экологические законы, правила и принципы, демонстрирующие процесс человеческого познания мира. В главе представлены различные взгляды на сущность рационального природопользования, рассмотрены принципы рационального природопользования.

В главе 8 рассмотрены природно-ресурсный потенциал как ключевой фактор устойчивого развития, свойства ресурсов, различные классификации природных ресурсов, наиболее важные для ведения хозяйства природные условия, понятия «природно-ресурсный потенциал» и «ресурсообеспеченность», структура и величина природно-ресурсного потенциала. Приведено описание природно-ресурсного потенциала России и мира и его использования на современном этапе.

Глава 9 направлена на изучение антропогенного влияния на биосферу и его последствий для природных экосистем и общества в целом. Рассмотрены источники и виды антропогенного воздействия на гидросферу, атмосферу, литосферу, растительный и животный мир, биосферу как глобальную экосистему, социо-эколого-экономические последствия антропогенного воздействия на биосферу.

В главе 10 раскрыты сущность, задачи, направления и стратегия устойчивого развития общества и природы, рассмотрены программный документ по реализации концепции устойчивого развития, принятый Конференцией ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992), концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию, основные наборы индикаторов устойчивого развития; комплексные показатели качества окружающей среды, качества жизни и экономического развития. Описан процесс формирования экологической культуры и идеологии российского общества как необходимого условия перехода к устойчивому развитию. Показаны сущность образования в интересах устойчивого развития и его роль в профессиональной подготовке специалистов различных направлений.

В главе 11 систематизированы и раскрыты основные направления рационального использования различных видов природных ресур-

сов, представлены роль рационального природопользования в инновационном развитии экономики, механизмы внедрения экологических инноваций в зарубежных странах в целях достижения устойчивого развития. Рассмотрены система платности природопользования, нормативно-правовые аспекты охраны окружающей среды, а также функции и задачи государственных органов управления природопользованием и охраной окружающей среды в России.

Глава 12 посвящена международному сотрудничеству в области охраны окружающей среды и рационального природопользования, которое необходимо рассматривать как ключевой элемент укрепления национальной безопасности. Рассмотрены предмет регулирования международного экологического права, принципы международного права, виды международных договоров. Затронуты вопросы ратификации международных договоров в области охраны окружающей среды и рационального природопользования. Кратко изложена история международных договоров, соглашений, конвенций и рассмотрены отдельные мероприятия по реализации международных договоров, соглашений и конвенций. Представлены международные организации в области охраны окружающей среды и рационального природопользования, в том числе обеспечивающие финансирование экологических проектов и программ на международном уровне. Приведены основные направления международного сотрудничества России в области охраны окружающей среды и рационального природопользования.

Настоящее пособие может быть использовано в вузах, готовящих бакалавров по нетехническим и гуманитарным направлениям, и подготовлено в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки «Биология» (квалификация «бакалавр»). Оно дает базовые представления об основах общей, системной и прикладной экологии, принципах оптимального природопользования и охраны природы.

Авторы благодарны коллективу кафедры «Управление природопользованием и экологической безопасностью» за помощь в подготовке рукописи к печати.

Раздел I

ОСНОВЫ ОБЩЕЙ ЭКОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА

Глава 1

РАЗВИТИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ

1.1. Основное содержание экологии

Экология (от греч. *oikos* — дом, жилище, место пребывания и *logos* — учение) в буквальном смысле — наука о местообитании или, другими словами, наука об «организмах у себя дома».

Термин «экология» был предложен немецким биологом Эрнстом Геккелем (1834—1919) в 1866 г. В работе «Общая морфология организмов» Геккель предложил этим термином обозначить весь круг вопросов, связанных с проблемами борьбы за существование и влияния на живые существа комплекса физических и биотических условий. В своей речи «О пути развития и задаче зоологии», произнесенной в 1869 г., Геккель определил предмет новой отрасли знания следующим образом: «Под экологией мы подразумеваем науку об экономике, домашнем быте животных организмов. Она исследует общие отношения животных как к их неорганической, так и к их органической среде, их дружественные и враждебные отношения к другим животным и растениям, с которыми они вступают в прямые или непрямые контакты, или, одним словом, все те запутанные взаимоотношения, которые Дарвин условно обозначил как борьбу за существование»¹. Несмотря на такое общее определение, его автор предложил рассматривать экологию как одно из направлений зоологии.

На страницах словарей и справочников начала XX в. определение экологии формулируется так: «*Экология, ойкология*, отдел зоологии, обнимающий собой сведения о жилищах животных (норах, логовищах, гнездах и пр.)»².

¹ Цит. по: Ситарову В. А. Социальная экология / В. А. Ситаров, В. В. Пустовойтов. — М.: Издательский центр «Академия», 2000. — С. 9.

² Малый энциклопедический словарь: в 4 т.: Т. 4. Репринт. воспроиз. изд. Брокгауза—Ефрона 1909 г. — М.: Терра, 1993. Цит. по Пацула А. В. Социально-культурные, духовные и институциональные аспекты экологии и природопользования / А. В. Пацула, И. В. Сухинин // Этика природопользования и институциональная экономика — 2008 // XVI Международные Рождественские образовательные чтения [Текст] : материалы секции / РПЦ, ГУУ. — М.: ГУУ, 2008. — С. 162.

Существует много современных определений экологии. Например, в школьных учебниках экология определена как наука о взаимоотношениях живых организмов между собой и взаимодействии их со средой обитания или просто о связях живых организмов с окружающей средой.

В некоторых учебниках по экологии для вузов приведено следующее определение: *экология* — это наука, изучающая условия существования живых организмов и взаимосвязи между организмами и средой, в которой они обитают.

По определению С. С. Шварца (1972), экология — это «наука о законах, управляющих жизнью растений и животных в естественной среде обитания»¹.

До XX в. экология развивалась как одна из биологических наук, но любая экологическая система содержит не только живые организмы, но и среду их обитания, в условиях которой они функционируют и поэтому постоянно с нею взаимодействуют. Важнейшее понятие в экологии — экосистема. Этот термин в 1935 г. предложил английский ботаник А. Г. Тенсли. *Экосистема* — совокупность совместно обитающих организмов и условий их существования.

Понятие «экосистема» не ограничивается какими-то признаками ранга, размера, сложности или происхождения. Поэтому оно применяется по отношению и к простым искусственным (аквариум, теплица, пшеничное поле, обитаемый космический корабль), и к сложным естественным комплексам организмов и среды их обитания (озеро, лес, океан). Наибольшая из экологических систем — биосфера (от греч. *bios* — жизнь и *sphaira* — шар).

Таким образом, можно утверждать, что с самого начала экология развивалась как одна из комплексных научных дисциплин, требующих знания основ самых разных областей науки.

1.2. История развития экологических знаний

Существует несколько подходов к периодизации развития экологических знаний. Еще первые люди — собиратели и охотники — накапливали экологические знания, необходимые им для выживания: о местах произрастания съедобных растений, обитания промысловых животных. «С этих позиций экология является очень древней наукой, ибо все мы — интуитивные экологи, поскольку даже рыболов-новичок не рассчитывает поймать форель в пруду, а карпа в быстром горном потоке»².

¹ Акимова Т. А. Экология. Человек — Экономика — Биота — Среда / Т. А. Акимова, В. В. Хаскин. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. — С. 17.

² Бродский А. К. Общая экология. — М.: Издательский центр «Академия», 2007. — С. 22.

Как и любая другая наука, экология развивалась непрерывно, но неравномерно и имела период накопления первичных фактов, наблюдений и обобщений. При этом развитие экологических знаний тесно связано с развитием всего естествознания. Изучением взаимоотношений организма и среды занимаются и другие науки. Физиология исследует реакции организма на внешние воздействия, этология рассматривает поведение животных, т. е. также их взаимодействие со средой, а генетика — особенности реакции организма на внешние условия в зависимости от генотипа.

*Первый этап развития экологии*¹ связан с накоплением первичных экологических знаний задолго до появления самого слова «экология». Еще в трактате Гиппократа (около 460 — около 370 до н. э.) «О воздухе, воде и местности» (около 390 г. до н. э.) содержатся сведения о влиянии условий окружающей среды на здоровье человека. Некоторые факты и трактовки, касающиеся экологии, встречаются в трудах Аристотеля (384 — 322 до н. э.), таких как «История животных». Ученик Аристотеля Теофраст Эрезийский (372 — 287 до н. э.) описал влияние климата и почвы на растения: из своих наблюдений над растениями разных мест он сделал вывод, что своеобразие растительности «создается разницей в месте». То, что в жарких странах у лиственных растений не бывает ежегодного листопада, Теофраст объяснял влиянием климата. Географический кругозор ученых и философов древности был ограничен, известные им живые организмы и условия их обитания немногочисленны. Так, в сочинениях Гиппократа упоминаются всего 236 видов растений. В трудах Аристотеля представлены данные о 500 видах животных, в трудах Теофраста описывается примерно такое же количество видов растений. Большинство изученных растений произрастало в Греции, и лишь часть видов была описана по материалам, полученным в походах Александра Македонского.

Первичные экологические знания накапливались постепенно, по мере развития зоологии, ботаники, географии. Наиболее полно систематизировал имевшиеся сведения не только о строении, но и условиях жизни разных видов растений и животных К. Линней (1707 — 1778).

Значительное влияние на развитие экологических знаний оказали великие географические открытия, биогеографические исследования². Поиски морского пути в Индию, открытие новых материков и островов показали существование резких географических различий между вновь обнаруженными землями и ранее известными территориями. Поток экзотических растений и животных хлынул в Европу.

¹ Ниже представлен авторский подход к периодизации развития экологии.

² Биогеография — наука о закономерностях распределения живых организмов и их сообществ по земному шару.

Второй этап развития экологии — биогеографические исследования и эволюционные обобщения.

В конце XVIII в. один за другим вышли из печати труды французского ученого Ж. Бюффона (1707 — 1788) — «Естественная история», «История Земли» и ряд других, где он обобщил все имевшиеся к тому времени сведения о географическом распространении животных и растений. Он разграничил животных Старого Света и американских, указал на значение горных хребтов и больших водных пространств как преград для расселения организмов, преемственную связь между флорами и фаунами всех периодов истории Земли.

Но в первую очередь необходимо отметить вклад в мировую науку, развитие экологических знаний А. Гумбольдта (1769 — 1859) — основателя биогеографии и экологии растений. Гумбольдт установил, что распространение разных организмов (растений, животных и человека) подчиняется общим единым правилам: убедительно показал зависимость распространения растений от климата в горах, отметив сходство растительности верхних поясов гор с растительностью тундр; выделил *19 физиономических форм растений* (часто относящихся к разным систематическим группам, но сходных по строению вследствие сходных условий обитания).

Примерно в это же время работал академик Петербургской академии наук П. С. Паллас (1741 — 1811). Выходец из Германии, он жил в России и всю свою жизнь посвятил русской науке. С 1768 по 1774 г. Паллас совершил большое путешествие через восточную часть Европейской России и азиатскую часть России. Его работы, в которых впервые был дан анализ фауны и флоры азиатской части России, были переведены на европейские языки.

Академик А. Ф. Миддендорф (1815 — 1894) проделал трехлетнее путешествие по северным и восточным территориям Сибири в 1842 — 1845 гг., впервые обследовав, в том числе, и Таймырский полуостров. Результаты экспедиции оказались настолько значительными, что послужили основанием для создания Русского географического общества. В 1848 г. вышла в свет на немецком языке (русское издание появилось в 1861 г.) его работа «Путешествия на север и восток Сибири», ставшая лучшей эколого-географической монографией того времени. Миддендорф многое сделал для изучения перелетов птиц, первым составил карту миграционных путей и предложил магнитную гипотезу ориентации птиц во время перелетов. Он же поставил вопрос об экологическом принципе деления Европы и Азии на зоогеографические зоны, наметил зоогеографическое деление Сибири, при этом указав на роль в распространении видов таких крупных преград, как Уральский хребет, реки Енисей и Лена, поднял проблему связи фауны Сибири и Северной Америки через Берингов пролив.

Необходимо также упомянуть о работах К. М. Бэра, исследовавшего животный мир Новой Земли, Русского севера, побережий Бал-

тийского моря, Волги и Каспия (с 1837 по 1857 г.), и профессора Московского университета К. Ф. Рулье (1814 — 1858), считающегося основоположником отечественной экологии. В работах К. Ф. Рулье обосновывается, что вся жизнь животного зависит от условий внешней среды, а изменения внешней среды приводят к изменениям самого животного. При обзоре жизни животных он классифицировал явления жизни, подразделив их на обнаруживающие отношение животных к внешним условиям (использование воздуха, добывание пищи и т. д.), другим животным, растениям, человеку, всем внешним для самого животного обстоятельствам вместе. По его словам, явления жизни животного складываются как результат взаимодействия двух факторов: «образовательных сил самого животного» (его врожденных свойств) и «мировых деятелей» (обитаемой среды, климата и др.).

Значительное влияние на развитие экологических знаний оказало эволюционное учение Ч. Дарвина (1809 — 1882). К числу важнейших проблем экологии, исследованных Дарвином, принадлежит проблема борьбы за существование, в которой, согласно предложенной концепции, выигрывает отнюдь не сильнейший вид, а тот, который сумел лучше приспособиться к специфическим обстоятельствам жизни. Он обратил особое внимание на влияние образа жизни, условий существования и межвидовых взаимодействий на морфологию и поведение организмов (В. А. Ситаров, В. В. Пустовойтов, 2000).

Закономерным завершением двух первых этапов развития экологических знаний стало формирование экологии как отдельной биологической науки. Это произошло, когда Геккель впервые опубликовал определение науки экологии (см. подразд. 1.1). Именно это событие можно считать началом *третьего этапа развития экологии*, приведшего к обособлению отдельных экологических дисциплин.

В 1877 г. К. Мёбиус предложил понятие «биоценоз» (от греч. *bios* — жизнь и *koinos* — общий) — сообщество живых организмов, обитающих на определенной территории. В 1910 г. решением III Международного ботанического конгресса закреплено разделение экологии на экологию организмов (*аутэкологию*) и экологию сообществ (*синэкологию*).

В итоге третий этап привел к формированию экологии как биологической науки об организации и функционировании надорганизменных биологических систем всех уровней. Потребовалось определенное время, чтобы в число объектов экологических исследований наряду с отдельными живыми организмами были включены *системы организмов* разных иерархических уровней — популяции, сообщества, экосистемы и, наконец, биосфера. Хотя еще французский биолог Ж. Б. Ламарк (1744 — 1829) пришел к заключению, что все живое и неживое на Земле составляет нерасторжимое единство — сферу жизни (биосферу), сам термин «биосфера» впервые был введен в

научный обиход австрийским геологом Э. Зюссом (1831 — 1914), в 80-е гг. XIX в. В работах Зюсса биосфера понималась как тонкая пленка жизни на земной поверхности, в значительной мере определяющая лик Земли. Таким образом закладывались основы направления экологии, объектом изучения которого стала биосфера. В конце XIX в. работал выдающийся русский ученый В. В. Докучаев (1846 — 1903) — основатель почвоведения, на примере почвы исследовавший, как живое формирует из неживого собственную среду обитания. Ученик В. В. Докучаева В. И. Вернадский (1863 — 1945) — основатель биогеохимии и учения о биосфере, в 1923 г. сформулировал теорию о ведущей роли живых организмов в геохимических процессах; в 1926 г. он определил глобальные функции живого вещества (совокупности живых организмов биосферы).

С 20-х гг. XX в. в число объектов экологических исследований включаются человек и измененные им природные системы, что еще более увеличивает число экологических наук. Закладываются основы таких наук, как экология человека, социальная экология, урбо-экология (экология городских поселений). Впервые термин «социальная экология» (англ. *social ecology*) использован американскими социологами чикагской школы урбанистики¹ (Р. Парк, Э. Берджесс, Р. Маккензи) в начале 20-х гг. XX в. Практически одновременно появился и другой термин — «экология человека» (англ. *human ecology, human's ecology*). Первоначально эти два термина трактовались как синонимы².

В книге «Научная мысль как планетное явление» (1936) В. И. Вернадский писал о человеческой деятельности как о планетарном факторе. *Ноосфера* (от греч. *noos* — разум и *sphaira* — шар) — высшая стадия развития биосферы (по В. И. Вернадскому), связанная с возникновением и становлением в ней цивилизованного человечества, с периодом, когда разумная человеческая деятельность оказывается главным определяющим фактором развития на Земле. Сам термин «ноосфера», был предложен французом Э. Леруа в 1927 г. Интересно, что в этом же году вышел в свет первый учебник-монография по экологии, автором которого был Ч. Элтон³.

Четвертый этап в развитии экологии определяется активной *экологизацией* наук и практической деятельности людей. Его начало датируется серединой XX в., когда в результате научно-технической

¹ Создатели чикагской школы (исследователи-социологи) трактовали город как живой организм, имеющий фазы развития: юность, зрелость и старение.

² Существует и другой вариант перевода понятия «*human ecology*» — «гуманная экология». С точки зрения Н. Ф. Реймерса (1931—1993), наиболее полно обобщившего законы и принципы экологии, разделение экологии человека и социальной экологии проще всего произвести по дуалистическим качествам самого человека. Когда речь идет об индивиде, это экология человека, когда же рассматривается социальный ряд (личность, семья и т. д.), это социальная экология.

³ Подробнее о вкладе Ч. Элтона в науку см. далее.

революции, демографического взрыва и связанного с ними обострения проблем истощения природных ресурсов, загрязнения окружающей среды экология превратилась из науки, знакомой узкому кругу специалистов, в одну из наиболее востребованных и известных наук. Экологизация отвечает потребности общества в объединении науки и практики для решения экологических проблем. Обращение разных наук к проблемам экологии и окружающей человека среды содержит постановку и решение многих практических задач. Экологизация отражает также важную тенденцию современной науки: переход многих ее отраслей от дальнейшей дифференциации к поискам синтеза («мир един», «природа не знает границ», «природа не знает факультетов»), в том числе между естественными и гуманитарными науками.

Пятый этап развития экологических знаний связан с представлениями о экологической безопасности процессов и территорий, управляемом эколого-ориентированном развитии. В конце второго тысячелетия человечество подошло, по образному выражению Н. Н. Моисеева, к «роковой черте», не только по количеству ракетно-ядерных вооружений, но и по влиянию хозяйственной деятельности человека на окружающую среду на глобальном и локальном уровнях. Была осознана необходимость создания нового мировоззрения, в центре которого должны быть представления о единстве мира, новых путях устойчивого развития цивилизации. Не слишком эффективные призывы к охране природы сменились вполне обоснованными требованиями обеспечения экологической безопасности, понимаемой как основное жизненное право и показатель качества жизни отдельного человека и всего общества.

Значение экологической безопасности в жизни общества обусловлено ценностными ориентирами этого общества и способностью системы управления обществом и государственными образованиями на различных иерархических уровнях привести в соответствие цели социально-экономического и экологического развития. Для обеспечения экологической безопасности необходима система ограничений, используемая при корректировке целей и выборе конкретных путей реализации стратегических программ, а также проектов социально-экономического развития объектов самых разных масштабов. В свою очередь, принятие этих ограничений требует от общества экологизации мышления всех его членов. Экологизация мышления — это доминирующий компонент в системе формирования целей общественного развития и разработки стратегий достижения этих целей.

Концепция устойчивого экологически безопасного развития человечества должна обеспечивать реализацию вероятности сохранения значений качественных и количественных показателей природной среды, оптимальных для воспроизводства субъектов и объектов процессов жизнедеятельности на различных уровнях.

Согласно одному из современных определений, экология — междисциплинарная область знания об устройстве и функционировании многоуровневых систем в природе и обществе в их взаимосвязи. В Большом экономическом словаре (А. Б. Борисов, 2003) экология представлена как «наука, изучающая взаимоотношения с окружающей средой, включая экономическое использование природных ресурсов, их охрану и восстановление». Таким образом, можно утверждать, что современная экология — это более чем наука, а именно — часть мировоззрения современного человека.

1.3. Структура экологии и объекты экологических наук

Расширение предмета экологии привело к появлению в литературе ряда новых ее определений. Однако некоторые ученые настаивают на сохранении традиционного круга объектов и методов экологии растений и животных, а всю проблематику, связанную с экологией человека и охраной природы, относят к науке об окружающей среде. Такое разделение преобладает в зарубежной литературе, где понятия «экология» (англ. *ecology*) и «наука об окружающей среде», или «*энвайроменталистика*» (*инвайроменталистика*) (англ. *environmental science*), не совпадают по содержанию. В отечественной литературе оба эти понятия чаще объединяются и обозначаются термином «экология».

В настоящее время структура экологических наук, как и биологических или химических, представляет собой целый комплекс. Общая экология — одна из экологических наук, так же как геоэкология, экология человека, социальная экология и др.

Учебная дисциплина «общая экология» в России появилась в середине 70-х гг. XX в., когда на биолого-почвенном факультете Ленинградского государственного университета впервые стал читаться учебный курс с таким названием (А. К. Бродский, 2007).

Каждая экологическая наука имеет собственный объект или объекты изучения. Объектами изучения *общей экологии* являются отдельные особи, популяции, сообщества живых организмов, экосистемы, биосфера: *экологии человека* — человек как биологический вид; *промышленной экологии* — промышленный объект; *социальной экологии* — этнос, социальная группа, личность и т. д. Предмет изучения экологии — взаимосвязи объектов изучения с окружающей их природной средой. В общей экологии в зависимости от объекта исследования различают следующие разделы: *аутэкология* (отдельные особи), *демэкология* (популяции), *синэкология* (сообщества живых организмов, биоценозы, экосистемы, биосфера).

Существует и другой подход к структуре общей экологии — Т. А. Акимова и В. В. Хаскин различают в ней теоретическую, мате-

матическую, экспериментальную экологию, а также моделирование экологических систем (в том числе создание искусственных) и процессов. Аутэкологию, демэкологию и синэкологию данные авторы относят к биоэкологии, наравне с экологией систематических групп живых организмов (растений, животных, грибов, микроорганизмов)¹.

Теоретическая экология устанавливает общие закономерности функционирования экологических систем. Многие природные экологические процессы происходят очень медленно и обусловлены множеством факторов. Для изучения их механизмов недостаточно одних натуральных наблюдений, нужен *эксперимент*. Но возможности эксперимента в экологии ограничены. Поэтому широко применяется *моделирование*, в частности, математическое. При математической обработке данных расчет производят на компьютерах. Методы моделирования, если они адекватно отображают протекающие в природе процессы, позволяют прогнозировать, в каких направлениях далее будет развиваться данная экосистема, что имеет для многих биогеоценозов (лес, луг, болото, озеро) большое практическое значение. В основе моделирования и экологического прогнозирования лежит принцип разделения сложных экосистем на отдельные более простые компоненты (подсистемы), которые связаны друг с другом различной сложности функциональными связями. Например, в водной системе могут быть выделены исследующие элементы рыбы, фитопланктон, зоопланктон, придонные животные и растения (бентос) и др.

Методы моделирования экосистем в настоящее время все шире применяются в экологии. Они открывают широкие перспективы прогнозирования процессов, протекающих в экосистемах, и выяснения действия на биосферу антропогенных факторов. Основы математической экологии были заложены работами А. Лотка (1925) и В. Вольтерра (1926), в которых были предложены математические модели роста численности популяций и их взаимодействия. Лабораторные опыты по проверке этих моделей были осуществлены Г. Ф. Гаузе.

Проблематика *экологии человека* разрабатывалась преимущественно в связи с изучением экологических аспектов человеческой эволюции и исследованиями в области медицинской эпидемиологии и иммунологии. Первое направление представляли английские биологи-эволюционисты Ч. Дарвин и Т. Гексли, английский философ, социолог и психолог Г. Спенсер, немецкий естествоиспытатель К. Фогт и некоторые другие исследователи, второе — микробиологи, эпидемиологи и иммунологи Э. Беринг, Р. Кох, И. И. Мечников, Л. Пастер, Г. Риккетс, П. П. Э. Ру, П. Эрлих и др. (В. А. Ситаров, В. В. Пустовойтов, 2000).

¹ Большинство исследователей считают синонимичными понятия «общая экология» и «биоэкология», например см. Николайкин Н. И. Экология / Н. И. Николайкин, Н. Е. Николайкина, О. П. Мелехова. — М.: Дрофа, 2005. — С. 25.

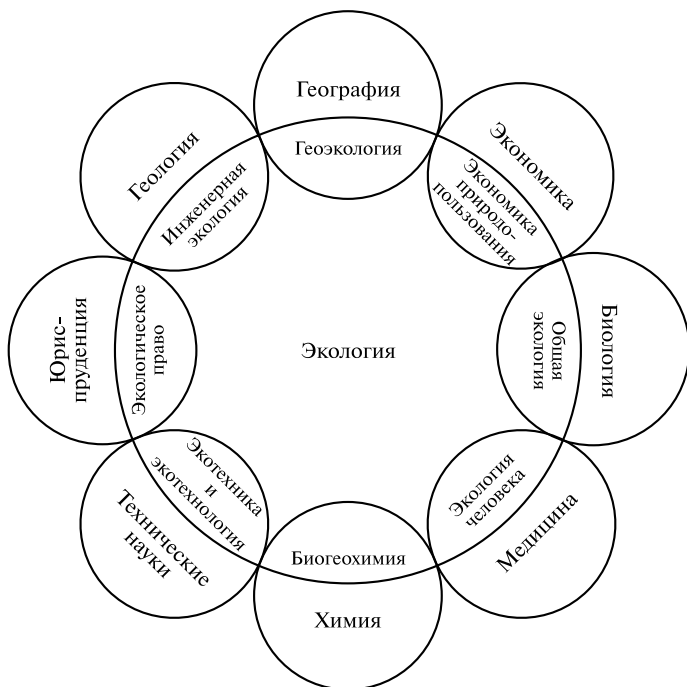


Рис. 1.1. Классификация видов социально-экологического знания (по Г. А. Бачинскому, 1993)

Геозэкология возникла на стыке двух крупнейших наук о земле — географии и геологии, а также биологии. Наибольший интерес у исследователей этой отрасли экологии вызывают проблемы организации и развития ландшафтных комплексов, влияния геологических процессов на живые организмы и человека, строения, биохимического состава и особенностей формирования почвенного покрова Земли и др. Также предметом изучения геозэкологии являются динамика и взаимодействие геосфер, геофизические условия жизни.

Особое значение имеют дисциплины, объединенные понятием «*прикладная экология*»: экология транспорта, промышленная, сельскохозяйственная, биоресурсная, медицинская, рекреационная экология.

На рис. 1.1 приведено одно из возможных отображений связи экологических знаний с другими науками.

По-видимому, и дальше области экологических знаний будут множиться соответственно разнообразию видов человеческой деятельности, вся совокупность которой должна быть охвачена экологизацией.

Можно сделать вывод: современная система экологических знаний — это обширный и еще окончательно не сформировавшийся комплекс фундаментальных и прикладных дисциплин, который Н. Ф. Реймерс (1992) назвал *мегаэкологией*, т. е. «большой экологией». Некоторые ученые предпочитают пользоваться термином «*макроэкология*».

1.4. Задачи экологии

Каждая экологическая наука имеет собственные задачи. Важнейшие задачи *макроэкологии* (всего комплекса экологических наук) следующие:

- раскрытие места и роли человека, цивилизации, техносферы в существовании планеты Земля с позиций экологических законов;
- разработка прогнозов изменений биосферы и состояния окружающей среды при разных сценариях экономического развития человечества;
- определение порога выносливости живой природы планеты — экосистем и всей биосферы — по отношению к антропогенной нагрузке;
- выяснение степени обратимости изменений экосистем, вызванных антропогенной деятельностью;
- экологизация сознания и большинства сфер деятельности людей (экономики, производства, политики, образования), формирование новой идеологии, направленной на переход к экологически ориентированной постиндустриальной цивилизации;
- мониторинг состояния окружающей среды, экосистем и ресурсов планеты.

Собственные задачи имеет и общая экология, дифференцированная, как минимум, на три самостоятельные научные дисциплины: аут-, дем- и синэкологию, к которым часто добавляют четвертую — *биосферную (глобальную) экологию* (Н. И. Николайкин, Н. Е. Николайкина, О. П. Мелехова, 2005).

На *организменном уровне* (С. Ю. Вертьянов, 2005) экологов интересуют характеристики особей, определяющие их численность и распределение в регионах, участие в круговороте веществ, возможность адаптации к различным факторам среды: температуре, влажности, солености воды, освещенности мест обитания и т. п. Предметом исследований является влияние экологических факторов на индивидуальные характеристики живых организмов: поведение, плодовитость, скорость роста, продолжительность жизни и т. п.

Популяционная экология изучает возрастной состав, динамику численности и пространственное расселение популяций, генотипы и фенотипы особей, степень их родства. Например, для выживания стада африканских слонов необходимо, чтобы его численность была

не менее 15 особей, северных оленей — 300—400, а жизнеспособную стаю бакланов составляют 10 тыс. птиц. Численность популяций определяется и другими факторами. Лошади и бизоны только в стаде могут обороняться от хищников, а волки только стаей охотятся на крупную добычу. В то же время чрезмерная численность популяции приводит к обострению конкуренции и недостатку пищевых ресурсов.

На *биоценологическом уровне* экология изучает видовой состав сообществ, разнообразие связи между видами в экосистемах. В составе сообществ обитают в тесном взаимодействии животные и растения, грибы и бактерии, вирусы. С течением времени по различным причинам изменяются условия внешней среды, видовой состав сообществ, их пространственное размещение.

Полученные знания могут быть использованы, чтобы предотвратить гибель видов, снижение биологического разнообразия и биопродуктивности экосистем.

1.5. Общесистемные свойства экологических объектов

Все объекты изучения экологии являются сложными *динамическими* системами.

Любая *система* — это упорядоченно взаимодействующие и взаимосвязанные компоненты, образующие единое целое. Основные свойства систем — организованность отношения с окружающей средой, гетерогенность, эмерджентность, способность к самосохранению и изменению.

Организованность характеризует взаимоотношения как элементов внутри системы, так и систем в составе более крупной системы. Каждая система имеет структуру, определяемую формой пространственно-временных связей или взаимодействий между элементами системы (примером могут служить молекулярные структуры угля, графита и алмаза, состоящих из атомов углерода, но в силу различных способов межатомного взаимодействия обладающих совершенно разными свойствами).

Системы могут объединяться в более крупные системы, образуя иерархии. *Иерархия* — это упорядоченная последовательность подчинения и усложнения систем. Ее можно представить в виде уровней: атом — молекула — клетка — ткань — орган — организм — *популяция* — *вид* — *сообщество* — *экосистемы* — *биосфера*¹ — Земля — Солнечная система — галактика — вселенная. Подобная иерархия может быть предложена для человеческого общества или технической системы.

¹ Курсивом выделены объекты изучения общей экологии.

Отношения с *окружающей средой* — свойство систем, напрямую, связанное с рассматриваемыми в настоящем учебнике закономерностями. По характеру связей, возможности обмена веществом и энергией со средой системы делят на *изолированные* (никакой обмен невозможен); *замкнутые* (невозможен обмен веществом); *открытые* (возможен обмен веществом и энергией). В природе существуют только открытые системы. Системы, между внутренними элементами которых и элементами среды осуществляются переносы вещества, энергии и информации, называются *динамическими*. Любая живая система — от вируса до биосферы — представляет собой открытую динамическую систему.

Гетерогенность — обязательная неодинаковость элементов системы. Нижний предел разнообразия — не менее двух элементов. Сельское хозяйство, животноводство, рыбное хозяйство приводят к снижению биоразнообразия, упрощению экосистем. Например, при животноводстве, охраняя полезных ему сельскохозяйственных животных (коров, свиней, овец и др.), человек уничтожает диких: хищников и травоядных, конкурирующих с домашними за пищевые ресурсы. Упрощение природного окружения человека экологически очень опасно. Поэтому нельзя превращать все ландшафты в агрохозяйственные, необходимо сохранять и умножать их многообразие, оставляя нетронутые заповедные участки, которые могли бы быть источником видов для восстанавливающихся экосистем.

Один из основных законов открытых систем — *закон Эшби*: система может быть устойчивой только при большом внутреннем разнообразии.

Эмерджентность системы — наличие у нее особых свойств, не присущих ее подсистемам или элементам, возникающих в результате взаимодействия элементов или подсистем между собой. Например, атомы водорода и кислорода, объединенные в молекулу воды, демонстрируют свойства, отличные от свойств водорода и кислорода. Другой пример — водоросли и кишечнополостные животные, которые, эволюционируя совместно, образуют систему кораллового рифа, где возникает эффективный механизм круговорота элементов питания, позволяющий такой комбинированной системе поддерживать высокую продуктивность в водах с очень низким содержанием этих элементов. Фактическая продуктивность и разнообразие коралловых рифов — качественно новые (эмерджентные) свойства, характерные только для рифового сообщества, которые служат предметом изучения именно экологии.

Еще один пример — рой дафний. Каждая отдельная дафния для рыбы — пищевой объект. Но вокруг роя дафний образуется единое гидродинамическое поле, складывающееся из индивидуальных полей отдельных дафний. Рыба воспринимает это единое поле своей боковой линией (специальный орган чувств рыб), получая образ чего-то одного, но большого, следовательно, вероятно, опасного, и, как

правило, избегает его. Такова защитная функция роя (Н. Н. Наумова, 2004).

Способность к самосохранению достигается преобладанием внутренних взаимодействий над внешними воздействиями. Внешнее воздействие на систему, превосходящее силу и гибкость ее внутренних взаимодействий, приводит к необратимым изменениям и гибели системы. Устойчивость динамической системы поддерживается непрерывно выполняемой ею внешней циклической работой. Особое внимание следует обратить на *гомеостаз* — способность биологических систем поддерживать устойчивое динамическое равновесие (относительное постоянство состава и свойств) при изменяющихся внешних условиях. Гомеостатические механизмы существуют на разных уровнях биологической организации. Постоянство температуры тела человека независимо от изменений температуры внешней среды — пример саморегуляции на организменном уровне, неизменяемость сообщества при очевидных изменениях внешней среды, включая антропогенное влияние, — на уровне сообществ.

Способность к изменениям связана с тем, что с течением времени система, находящаяся под внешним воздействием, может оказаться неспособной к поддержанию устойчивого состояния. Если изменения в системе направлены на стабилизацию ее поведения, то говорят об *адаптации* (приспособлении). Закрепление адаптивных изменений структуры и связей системы, при котором ее потенциальная эффективность увеличивается, рассматривается как *развитие*, или *эволюция*, системы.

Под *средой* в экологии понимают всю совокупность тел и сил внешнего по отношению к живому организму мира.

Термин «*среда обитания*» применяют, когда хотят обозначить характерные для какого-нибудь биологического вида естественные условия жизни. Принято различать четыре основные среды обитания: водную, наземно-воздушную, почву и тело другого организма¹.

Понятие «*окружающая среда*» соответствует той части среды, с элементами которой организм в данное время контактирует и прямо или косвенно взаимодействует. С более общих позиций, окружающая систему среда — это все, что находится за границами системы.

1.6. Методы экологии

Методическую основу экологии составляет сочетание системного подхода, натурных наблюдений, эксперимента и моделирования.

На развитие экологии, как и всей науки, огромное влияние оказало становление системного подхода, нашедшего отражение в ра-

¹ В симбиотических системах не только тело, но и продукты обмена веществ.

ботах Л. Бергаланфи (История и статус общей теории систем, 1973), У. Эшби (Общая теория систем как новая научная дисциплина, 1969) и некоторых других ученых. Использование системного подхода в макроэкологии является объективной необходимостью, поскольку в мире действует закон *всеобщей связи вещей и явлений*, также известный как *принцип холизма* (целостности): возмущение в одной части сложной системы (например, в биосфере) неизбежно вызывает изменения в других ее частях, которые ведут к нейтрализации возмущения или, в случае превышения определенного порога, к еще большей деформации системы (Т. А. Акимова, В. В. Хаскин, 2000).

В экологических науках используются методы исследований и понятия, применяемые и в других науках — биологии, математике, физике, химии и т. д. Однако многие методы исследований свойственны исключительно экологии. Например, если в экологии особей (аутоэкологии) иногда применяются методы, близкие к характерным для физиологии или биогеографии, то изучение популяций и биоценозов относится всецело к экологии, так как совокупность особей или популяций не является просто их суммой, обладая эмерджентными свойствами (см. подразд. 1.5).

Ниже рассмотрены основные группы методов экологических исследований (Т. А. Акимова, В. В. Хаскин, 2000).

Методы регистрации и оценки состояния среды составляют необходимую часть любого экологического исследования. К ним относятся метеорологические наблюдения, определение температуры, прозрачности, солености и химического состава воды, характеристик почвенной среды, освещенности, радиационного фона, напряженности физических полей, химической и бактериальной загрязненности среды и т. п. Эколог вынужден иногда вносить специальные изменения в технику измерений и проявлять немалую изобретательность, когда, например, нужно определить температуру в гнезде сидящей птенцов дикой птицы, состав воздуха в норе спящего сурка или уловить ничтожные колебания гравитационного и магнитного полей, по которым некоторые животные чувствуют приближение землетрясения.

К этой же группе методов следует отнести *мониторинг* — периодическое или непрерывное слежение за состоянием экологических объектов и за качеством среды. Большое практическое значение имеют регистрация состава и количества вредных примесей в воде, воздухе, почве, растениях в зонах антропогенного загрязнения, а также исследования переноса загрязнителей в разных средах. В настоящее время техника экологического мониторинга быстро развивается, используются новейшие методы физико-химического экспресс-анализа, дистанционного зондирования и компьютерной обработки данных. Важными средствами экологического мониторинга, позволяющими получить интегральную оценку качества среды, служат *биоиндикация* и *биотестирование* — использование (соответственно в есте-

ственной среде и в лабораторных условиях) для контроля состояния среды некоторых организмов, особо чувствительных к изменениям среды и появлению в ней вредных примесей.

Методы количественного учета организмов, оценки биомассы и продуктивности растений и животных лежат в основе изучения природных сообществ. Для этого применяются подсчеты особей на контрольных площадках, в объемах воды или почвы, маршрутные учеты, отлов и мечение животных, наблюдения за их перемещениями с помощью телеметрии и другие средства вплоть до аэрокосмической регистрации численности стад, скоплений рыбы, густоты древостоя, состояния посевов и урожайности полей. Изучение динамики численности популяций потребовало введения в экологию методов демографии. Экологу могут понадобиться методы физико-химического анализа и количественного исследования переноса веществ и энергии.

Исследования влияния факторов среды на жизнедеятельность организмов составляют наиболее разнообразную группу методов экологии. В их число входят различные, подчас сложные и длительные наблюдения в природе. Но чаще применяются экспериментальные подходы, когда в лабораторных условиях регистрируется воздействие строго контролируемого фактора на те или иные функции организмов, а также анализируется применимость полученных на животных результатов в экологии человека. Этим путем устанавливаются оптимальные или граничные условия существования организмов, нормы их реакции на факторы среды. В частности, так определяются критические и летальные дозы химических и других агентов, по которым рассчитывают предельно допустимые концентрации и воздействия, лежащие в основе экологического нормирования. Ясно, что в данном случае экология смыкается с физиологией, биохимией, токсикологией, использует применяемую в них экспериментальную технику. Методы этой категории важны также для определения устойчивости экосистем и изучения адаптации растений, животных и человека к различным условиям среды.

Изучение взаимоотношений между организмами в многовидовых сообществах составляет важную часть экологии. Здесь также используются натурные наблюдения и лабораторные исследования пищевых отношений, пищевого поведения, опыты с переносом меток, например радиоактивных изотопов, позволяющие определить, сколько органического вещества и энергии переходит от одного звена пищевой цепи к другому: от растений к травоядным животным, от травоядных к хищникам. Особо следует упомянуть эксперименты по созданию и исследованию искусственных сообществ и экосистем, т. е. по существу лабораторное натурное моделирование взаимодействий организмов друг с другом и с окружающей средой. В ряде случаев для этих целей создают искусственные частично замкнутые и самоподдерживающиеся многовидовые экосистемы.

Математическое моделирование приобретает все большее значение в экологии. Потребность в его применении для целей управления и прогнозирования очень велика. Существуют достаточно близкие к реальным процессам математические модели техногенных эмиссий, распространения загрязнителей в атмосфере и гидросфере, самоочищения реки. Намного сложнее моделирование экологических систем. Реальные объекты экологии столь сложны, что с трудом поддаются строгому математическому описанию даже при значительном упрощении задач. Поскольку в большинстве случаев речь идет о многоуровневых нелинейных задачах с большим числом переменных, аналитические решения практически невозможны, и на первое место выдвигаются численные методы *имитационного моделирования*, основанные на применении современной вычислительной техники.

В конце XX — начале XXI в. благодаря мощным компьютерам и новым средствам программирования появилась возможность численного решения ряда сложных системных экологических задач. Быстро совершенствуются приемы *глобального моделирования*, доведенные до моделей, основанных на проблемно-прогножном подходе. Они позволяют рассматривать варианты сценариев и строить обоснованные прогнозы глобального развития. Например, в публикациях первых докладов Римскому клубу в 1972 и 1974 гг. в изучении тенденций развития социоприродных глобальных процессов были успешно применены имитационные математические методы, разработанные незадолго до этого профессором Массачусетского технологического института Дж. Форестером. В его книге «Мировая динамика» дана первая попытка прогноза многокомпонентных глобальных процессов с помощью системно-динамических имитационных моделей.

Прикладная экология быстро развивается. Ее важными средствами становятся следующие методы:

- создания геоинформационных систем (ГИС-технологии) и банков экологической информации, относящихся к различным регионам, территориям, ландшафтам, агросистемам, промышленным центрам, городам;
- комплексного эколого-экономического анализа состояния территорий для целей экологической диагностики и оздоровления экологической обстановки;
- инженерно-экологических изысканий, необходимых для оптимального размещения, проектирования, строительства и реконструкции гражданских и хозяйственных объектов;
- экологически ориентированного проектирования хозяйственных и гражданских объектов, основанное на принципах и расчетах экологического соответствия;
- снижения коэффициентов вредного действия производственных комплексов, процессов, устройств и изделий;

- оценки влияния техногенных загрязнений и деградации окружающей среды на здоровье людей;
- контроля выполнения экологической регламентации хозяйственной деятельности (экологический мониторинг; экологическая аттестация и паспортизация хозяйственных объектов, предприятий, природно-производственных комплексов, территорий; экологическая экспертиза; оценка ожидаемых воздействий проектируемых и строящихся объектов на окружающую среду и др.).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Дайте первоначальное и современные определения экологии как науки. Чем обусловлены их различия?
2. В чем заключается большая сложность экологических исследований в сравнении с ботаническими или зоологическими?
3. Объясните причины относительной молодости экологии как самостоятельной научной дисциплины.
4. Какова роль отечественных ученых в становлении и развитии экологии?
5. Какие существуют различия в подходах к структуре общей экологии?
6. Сформулируйте темы возможных аутэкологических, демэкологических и синэкологических исследований.
7. С какими научными дисциплинами связана общая экология?
8. Укажите причины универсальности системного подхода.
9. Охарактеризуйте общесистемные свойства экологических объектов.
10. Как вы понимаете необходимость постоянной циклической работы для поддержания устойчивости динамической системы?
11. Какие следствия понимания всеобщей связи явлений в природе имеют наибольшее значение для хозяйственной деятельности?
12. Как связана общая экология с хозяйственной деятельностью?