



А. П. Рыженков

# ФИЗИКА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ИЗДАТЕЛЬСТВО  
Прометей

Александр Рыженков  
**Физика окружающей среды**

«Прометей»

2018

УДК 502/504  
ББК 28.081-22.3

**Рыженков А. П.**

Физика окружающей среды / А. П. Рыженков — «Прометей»,  
2018

ISBN 978-5-906879-78-3

В основу этой книги легли лекции автора для студентов физико-математического факультета по разработанному им спецкурсу «Физика и экология». Обсуждается экологическая ситуация в мире и России в связи с развитием научно-технической революции, с позиций физики анализируются физические процессы в атмосфере, гидросфере и литосфере и влияние на них деятельности человека. Рассматривается использование достижений современной физики в решении глобальных экологических проблем, эффективном использовании природных ресурсов, загрязнении окружающей среды. В формате a4.pdf сохранен издательский макет.

УДК 502/504  
ББК 28.081-22.3

ISBN 978-5-906879-78-3

© Рыженков А. П., 2018  
© Прометей, 2018

# Содержание

Предисловие редактора	6
Введение	8
Глава 1. Глобальные экологические проблемы	9
Глава 2. Биосфера – «машина» циклов	14
Конец ознакомительного фрагмента.	18

# **Александр Рыженков**

## **Физика окружающей среды**

### **Учебное пособие**

*Рецензенты:*

доктор с.-х. наук *Г. В. Стадницкий*,  
канд. физ. – мат. наук *А. И. Крупный*

© А. П. Рыженков, 2018

© Издательство «Прометей», 2018

## Предисловие редактора

Диалектика научно-технического прогресса на современном этапе такова, что чем быстрее человечество (или какая-то группа его) хочет получить больше комфорта, используя и преобразуя природу, тем сильнее проявляются побочные или непредусмотренные, или отдаленные негативные последствия. Природе наносится вред, часто непоправимый. И поскольку человек – часть природы, то тем самым научно-технический прогресс из первоначально задуманного добра превращается и для человека в свою противоположность – зло. Прогресс требует жертв.

Так что же, назад к природе? Или, как в движении луддитов – если введение машин ухудшило положение рабочего, то ломай их машины? Не строить атомных электростанций, не производить новых химических веществ, не пользоваться минеральными удобрениями, не проводить мелиорации и т. п.?

Помочь студенту ВУЗа найти пути к ответу позволяет предлагаемая книга. Автор – специалист в области термодинамики органических кристаллов раньше, вероятно, относился к экологическим проблемам «как все». Последние 30 лет он серьезно занимается вопросами образования в области окружающей среды. Специальная подготовка и получение уникальной в наши дни специальности «инженер-эколог» дали автору возможность не только страстно, но и профессионально бороться за правильное отношение к природе. Значение этой деятельности трудно переоценить. Предлагаемая читателю книга является закономерным этапом в этой работе. Насколько нам известно, учебное пособие под таким названием выходит впервые. После внимательного чтения книги можно сделать несколько определенных выводов.

Во-первых, экологические проблемы достигли такой остроты, что, не повлиять на них сейчас, они способны привести человечество к гибели. Наверное, экологическая опасность в 80-х годах нашего века действительно является второй после ядерной опасности, и, во всяком случае, ее проблемы острее в нашей стране, чем проблемы продовольственная, национальная, социально-бытовая и другие, которые последнее время нас очень тревожат.

Во-вторых, экологические проблемы планеты не решить в рамках одной или нескольких стран, даже самых крупных и мощных, и даже в рамках объединения всех стран одной социально-экономической системы из-за их глобальности и дороговизны проектов по их решению. Мы медленно начинаем привыкать к новой формулировке о приоритете общечеловеческих ценностей, в частности ценности человеческой жизни, перед ценностями отдельных групп человечества. Пока непривычно звучит, что общечеловеческие интересы даже выше классовых, хотя мы ни в коей мере не откажемся от классового диалектического подхода к явлениям действительности.

В-третьих, экологические вопросы глубже узкопрофессиональных, и могут вступить с ними в противоречие. Их невозможно решить по наитию, «чутьем». Необходима специальная подготовка всех специалистов по экологии, чтобы не повторять трагедий Арала и Байкала и подобных. А ведь те, кто губил Арал и Байкал, наверняка руководствовались благими намерениями (по крайней мере, внешне), и инженерные решения, направленные на получение сиюминутной выгоды, были в основном скорее всего верными. Но этого оказалось мало. Во время ли мы спохватились?

Книга читается с интересом, будучи написана живым языком, в ряде мест используются неожиданные образы и обороты, а сквозь всю книгу проходит мысль о необходимости физического обоснования экологических проблем. Наверное, можно сделать упрек автору, что в ряде мест строгость изложения сделала уступку наглядности, доступности. Мы против такого упрека. Такая уступка действительно есть и служит значительно большей убедительности повествования. Что же касается, общего научного уровня пособия, то он примерно соответствует курсу общей физики ВУЗа. Книга заставляет задуматься о тех вещах, о которых мы

зачастую думаем отнюдь не в связи с физикой. Один из параграфов гласит: «Физика очистных аппаратов» (?!). Как?! Ни в одной голове против воли возникнет легкое недоумение (Что? Физика и... простите, канализация???). Неожиданно к нам в житейский комфорт придвигается вопрос передвижения материков. Далеко не безобидным для жизни на Земле оказывается лак «Прелесть» для укладки волос красавиц и другие «аэрозоли» (кстати, оказывается с точки зрения физики вовсе не аэрозолями). Еще раз оказывается, что физика жить не может без химии, биологии, географии и других наук.

Наверняка можно отыскать проблемы экологии, которые в книге не затронуты. Наверняка через несколько лет часть материала окажется устаревшей и обязательно возникнут новые вопросы. Это ставит перед автором задачу не бросать разработку проблемы с выходом данной книги. Много лет назад за некоторые мысли автора можно было бы и наказать (не по-сталински, так по-брежневски). А сейчас жизнь меняется так динамично, что эти мысли стали не только «разрешены», но необходимы. С этой точки зрения книга, которая вряд ли бы вышла до 1985 г., является пусть скромным, но вкладом в перестройку. Книгу с пользой для себя прочтут не только студенты педвузов, но и широкий круг читателей.

*Б. Д. Корешков*

## Введение

Экологизация учебных дисциплин, рекомендованная Тбилиским (1977), Московским (1987) и Рио-де-Жанейро (1992) конгрессами по образованию в области окружающей среды, является частью мировой стратегии по развитию образования. Эта книга лишь часть в решении экологических проблем через изучение физики в школе и ВУЗе.

Воздействие человека на природу стало опасным не только из-за деградации окружающей среды, но, может быть, в большей степени из-за деформации ценностей, так как в оценке своих взаимоотношений с природой люди скорее склонны изменять природу, чем свои представления о цивилизации.

В таких условиях возникла необходимость в новом типе естественнонаучного знания, т. е. знания о той среде, в процессы которой включен человек и которая должна изображаться и изучаться вместе с человеком. К такому типу знаний относится формирование комплексов научного знания (академик П. М. Федосеев), включающих общественные, естественные и технические дисциплины, призванные служить теоретической основой для планирования, организации и осуществления практической деятельности.

Примером такого комплекса является социальная экология. Интеграция естественнонаучных и технических дисциплин с общественными науками происходит на основе экологизации тех и других и отражает новое явление – гуманизацию естественных и технических наук.

Идея о гуманизации естественных и технических наук была выдвинута достаточно давно, но стала привлекать к себе внимание и получила поддержку только в последнее время. Идея эта возникла в связи с тем, что развитие цивилизации способствует изоляции человека от природной среды. Жизнь человека проходит все в большей степени в искусственной среде техногенных ландшафтов, искусственных материалов и даже искусственно созданных эмоций. В этих условиях искусственная среда стала преобладать как объект изучения над естественной.

В изучении физики идея о гуманизации означает возвращение физики к изучению ее главного объекта – природы, так как в последние четыре десятилетия произошло заметное смещение физики к изучению объектов искусственной среды. Физика как бы отделилась от явлений в естественной среде и в том числе от человека.

Вследствие отделения наблюдателя от изучаемого объекта и фактов физика добилась успехов, но сама стала плохо контролируемой. Пример этого – трудности контроля над военной ядерной техникой, ядерной энергетикой и информационными технологиями.

Такое удаление физики от естественной среды как объекта исследования и изучения сложилось под влиянием потребительского характера современной технологии.

Экологизация и гуманизация физики, химии, биологии, технических дисциплин важны в двух аспектах: с одной стороны, это возвратит естественнонаучные дисциплины к изучению природы и взаимодействию ее с человеком; с другой – это основа для формирования экологической культуры и принципиально новой технологической политики рационального и разумного природопользования.

**Эта книга вводит экологическое содержание в изучение физики как важный целевой и прикладной аспект.** Материал предполагается использовать при изучении всех разделов физики от механики до ядерной физики, а также при разработке специальных и факультативных курсов.

## Глава I. Глобальные экологические проблемы

*Природа доставит нам всяческие блага, если мы воздадим ей  
должные почести; на нас карает лишь тогда, когда мы отвернувшись  
от нее, мы начинаем кощунственно курить фимиам идолам, возведенным  
нашим воображением на принадлежащий ей трон.*

*К. Гольбах. Система природы*

**Мировая экологическая ситуация.** XX век характеризуется вступлением в действие глобальных факторов, с которыми раньше человечество встречалось лишь в прогнозах философов или романах писателей-фантастов.

Глобальными эти проблемы считаются потому, что они затрагивают жизненные интересы всех народов и требуют для своего решения усилий всего человечества. От этого зависит ответ на главный вопрос: быть или не быть человеческой цивилизации[1]?

Обычно эти проблемы формулируют кратко, располагая по порядку важности: проблема ядерной войны, экологическая, демографическая, продовольственная, энергетическая, ресурсная.

Эти проблемы связаны между собой и взаимозависимы. Так, например, в прогнозах «Римского клуба», в высказываниях некоторых ученых и общественных деятелей, а также в исследованиях математических моделей биосферных процессов, проделанных в СССР под руководством академика Н. Н. Моисеева и группой профессора К. Сагана в США. Показано, что одним из последствий термоядерной войны будет неизбежная глобальная экологическая катастрофа.

Проблема окружающей среды, или, как принято называть ее в нашей печати, экологическая относится к числу наиболее важных. В последнее время, когда появилась надежда на ликвидацию ядерного оружия. Эта проблема выдвигается на первое место и от ее решения зависит судьба человеческой цивилизации.

Экологическую ситуацию обычно представляют в виде списка техногенных аварий и катастроф. Недостаток такого списка заключается в том, что он очень длинный, перемешаны локальные и глобальные события, крупномасштабные и мелкомасштабные. В таком списке трудно ориентироваться, с трудом прослеживаются причинно-следственные связи. Из этого может возникнуть ощущение беспомощности и неспособность действовать.

Глобальную экологическую ситуацию (ГЭС) с позиций методологии научного познания можно представить в виде системы взаимосвязанных блоков.

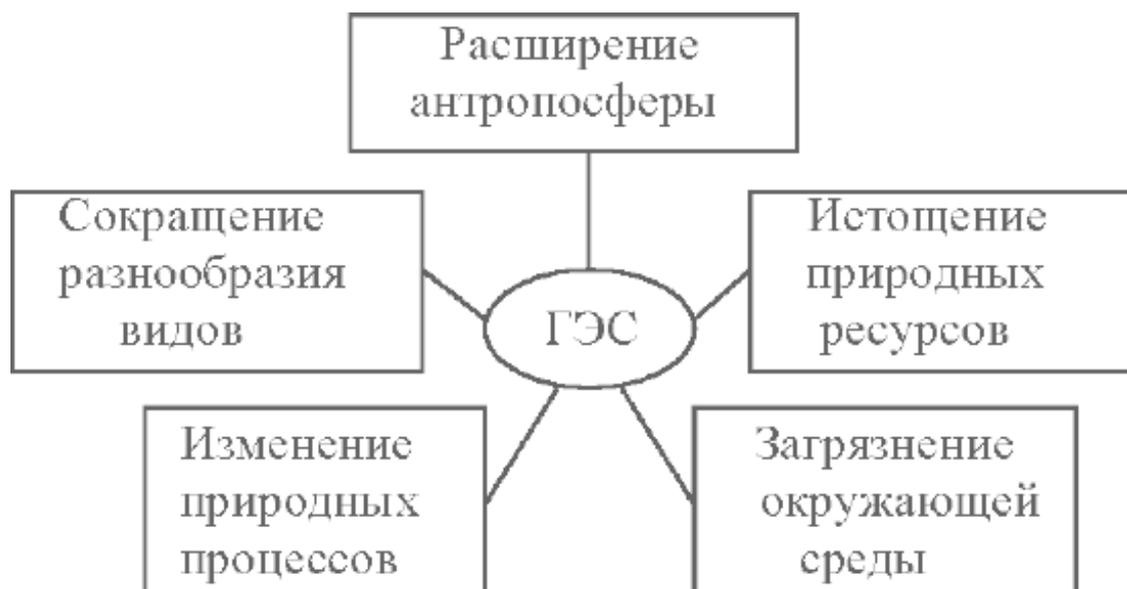


Рис. 1. Компоненты глобальной экологической ситуации

В такой системе факты группируются в блоки явлений, устанавливаются причинно-следственные связи между явлениями и представитель любой профессии может найти свое место и способ действия.

В этом анализе удобно выделить две части:

- 1) общие черты экологической ситуации и
- 2) ее причины.

**Расширение антропосферы.** Из схемы ГЭС следует, что первопричиной изменений в окружающей среде является расширение области человеческого обитания и деятельности (антропосферы). Этот процесс, в свою очередь, характеризуется динамикой увеличения численности населения.

**Таблица 1**

**Рост населения Земли (млрд. чел.)**

Год	1830	1930	1960	1975	1986	1999	2011
	1	2	3	4	5	6	7

Видно, что прирост населения на 1 млрд. с начала XIX века занимал 100 лет, в конце XX, начале XXI века такой же прирост происходит за 11–15 лет. Такая динамика характеризует экспоненциальное развитие. В реальных условиях системы с таким типом развития быстро теряют устойчивость и разрушаются.

**Истощение природных ресурсов.** Большое население с таким стремительным ростом требует для своего обеспечения огромного количества материальных и энергетических ресурсов. По некоторым оценкам потребление ресурсов за последние 15–20 лет равно количеству ресурсов, израсходованных человечеством за всю предыдущую историю. Поскольку расходуются в основном исчерпаемые ресурсы, возникла перспектива их быстрого истощения. Для

нефти и урана 235 предел экономически эффективной добычи находится в пределах около 30 лет.

Особенность проблемы ресурсов связана с очень низкой эффективностью их использования из-за огромного количества потерь в технологической цепочке от их добычи до пользователя. Этот коэффициент оценивается специалистами около 3 %.

**Загрязнение окружающей среды.** Огромные масштабы потребления ресурсов с низким коэффициентов использования определяют гигантские масштабы выбросов материалов и энергии в окружающую среду. Так по оценке экспертов Римского клуба эмиссия промышленных газов в 1975 году составлявшая около 20 млрд. тонн к 2000 году увеличилась почти в 3 раза. Такое соотношение по их оценкам характерно почти для всех видов выбросов.

**Таблица 2**  
**Производственные и бытовые выбросы [2]**

Виды выбросов в мире, млн.т.	1975 г	2000 г.
Газы: CO, CO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>	19 706	50 759
Твердые частицы в атмосфере	241	721
Твердые неорганич. отходы	5 000	15000
Органич. отходы с/х и быта	14 110	37370
Стоки производства, быта	140 000	9470000
Нефтепродукты	69	244

По данным таблицы можно сделать важные выводы.

Изменение природных процессов. Расширение территории антропосферы и выбросы гигантского количества материалов и энергии антропогенного происхождения во все составляющие биосферы не могло не повлиять на происходящие в ней природные процессы. Результат этого: изменение *радиационного баланса земли и нарушение естественного «парникового эффекта»*, повышение средней температуры земли более чем на 1 °С за последние 50 лет (беспрецедентное в геологическом масштабе времени), изменение динамики распределения глобальных ветров; изменение распределения влаги в атмосфере; деградация озоносферы и тому подобное. Особое беспокойство вызывает тенденция к необратимости в некоторых из таких изменений. Долгая дискуссия о причинах быстрого потепления климата планеты привела к тому, что большинство специалистов климатологов пришли к заключению об антропогенном происхождении этого явления [2].

**Сокращение биоразнообразия.** Из неполного перечня явлений, характеризующих четыре составляющих, с очевидностью следует изменение природной среды обитания живых организмов. Расширение антропосферы ведет к сокращению ареала обитания многих видов животных и растений. Изменение факторов среды, например, температуры, акустического фона, мощности светового потока приводит к тому, что ограниченная приспособляемость животных и растений к изменению внешних условий ведет к их деградации и исчезновению.

**Научно-технический прогресс и его роль в экологической ситуации: плюсы и минусы.** Успехи науки и физики в особенности всегда обеспечивали продвижение общества на пути прогресса. Однако, использование этих достижений не всегда происходило во благо общества. Двигатели внутреннего сгорания и электромагнитные, динамит, ядерная энергия, лазер, полупроводники, с одной стороны, облегчали наш труд, делали жизнь лучше, а с другой они стали основой для создания небывалой по мощи машины уничтожения и небывалого загрязнения окружающей среды.

Из опыта развития цивилизации мы знаем, что наука была и пока остается одновременно и инструментом и оружием в руках человека.

Исключительно важной становится задача формирования новой культуры в использовании достижений научно-технической революции.

По отношению к природе основой этой культуры является принцип рационального природопользования.

Реализация этого принципа требует формирования принципиально новой технологической политики в переводе промышленного и сельскохозяйственного производства на мало – и безотходные технологии и полное использование вторичного сырья.

Возможность такой технологии была предсказана Д. И. Менделеевым, который указывал, что в производстве не может быть отходов, т. к. отходы одного производства должны быть сырьем для другого.

Успехи современной физики, химии, биологии уже сейчас позволяют осуществить эту идею. Стимулы по применению ресурсосберегающих технологий определяются их истощением и увеличением стоимости. В качестве примера таких технологий можно привести обработку металлов выдавливанием, использование золы и шлака ТЭЦ для производства цемента, лазерную резку металлов, метод 3D печати изделий, производство биогаза из отходов животноводства, использование экологически чистых источников энергии.

Это частные примеры нового явления – экологизации производственной деятельности и быта человека, получившего название «новой НТР». В связи с этим появилась точка зрения, что «социальная экология» это новая наука, возникшая как теоретическая основа «новой НТР».

Возникновение «социальной и глобальной экологии» это проявление процесса осознания человеческим обществом ответственности за последствия агрессии в природу. В оценке этого явления, пожалуй, более прав Ф. И. Гиренок, который считает, что «социальная экология не научная дисциплина, а обозначение нового мыслительного пространства, в котором результаты разнородных дисциплинарных исследований интерпретируются и понимаются под одним, но не дисциплинарным углом зрения [3]. Появление глобальной или социальной экологии отражает необходимость понимания природы не с точки зрения физика, биолога или химика, когда фундаментальность и целостность природы ускользает от исследователя, а восприятие ее как единого целого. Начавшуюся в конце XX века экологизацию естествознания можно рассматривать, как одну из форм развития единой науки о человеке и природе. Не следует думать, что этот процесс приведет к ликвидации дифференциации наук и возникновению интегральной науки о природе. Это не произойдет. Физика останется физикой, изменится только предмет исследования физики. Кроме привычных для физика параметров окружающей среды: давление, температура, напряженность электрического и магнитного полей и других величин, описывающих процессы в окружающей среде. Необходимо учитывать влияние антропогенного фактора на эти величины.

Современная физика, имеется в виду учебная дисциплина, в значительной степени ушла от изучения своего первоначального объекта аристотелевских и даже более поздних времен – явлений природы. Физика школьных и вузовских учебников рассматривает, в основном, локальные явления в искусственной среде: поведение газа в замкнутых объемах, движение

зарядов в электрических цепях, магнитные поля проводников с током, реакции в ядерных реакторах и т. п. Особенно это заметно на иллюстративном материале, весь он базируется на применении физических явлений и законов в технике.

Можно сказать, рискуя встретить резкую критику, что физика во все большей степени становится служанкой НТР. Из ее внимания практически выпали явления в естественной среде и, совершенно полностью, в биосистемах.

У школьников и студентов в связи с этим стало складываться впечатление о природе как о среде, существующей отдельно от человека, а следовательно, и не стоящей большого внимания.

Отсюда появилось заниженное представление о ценности природы. Таким образом, начиная со школьной скамьи, мы сознательно, хотя и невольно, формируем потребительское отношение к природе. Аналогичные упреки можно отнести и к современной химии. Возникает вопрос, а правильно ли мы называем сейчас эти науки естественными?

Достижения физики конца XIX – начала XX века явились основой современной НТР, началом которой принято считать 40–60-е годы двадцатого столетия. С этими годами связано бурное развитие энергетики, средств транспорта и связи, ядерной военной техники и т. п. Нет необходимости разьяснять, что в основе этих отраслей человеческой деятельности заложены великие физические открытия, связанные с именами Фарадея, Максвелла, Резерфорда, Капицы, Бора, Бардина, Ландау, Басова, Прохорова, Таунса и других физиков.

Таким образом, физика, которая явилась основой современной технологии, оказалась в начале антропогенного воздействия на окружающую среду. Экологизация физики становится необходимым этапом развития, науки и образования для того, чтобы гармонизировать взаимоотношения человека с природой. Стоит заметить, что обычно в литературе обходится стороной вклад физики в развитие военной техники и влияние этого на НТР. Влияние это огромно, поскольку эта техника забирает у человечества лучшие материальные и интеллектуальные ресурсы. Именно эта техника ответственна в значительной степени за проявление неимоверного расточительства природных ресурсов, так как гонка вооружений заставляет противостоящие стороны постоянно спешить, чтобы оказаться уже если не впереди, то по крайней мере не сзади партнера. В такой гонке не до сохранения природных ресурсов.

В этой связи особенно значительно выглядит инициатива СССР, приведшая в 60-х годах к запрету ядерных испытаний в атмосфере и на земной поверхности, и продолжающиеся сейчас усилия по полному запрету всех ядерных испытаний и ликвидации ядерного оружия.

Экологизация учебной физики означает: 1. введение в предмет ее изучения явления природы в атмосфере, гидросфере, литосфере и космосе; 2. изучение физических методов наблюдения за состоянием окружающей среды; 3. изучение физических процессов, происходящие при вторжении искусственной среды в естественную; 4. изучение физических методов защиты окружающей среды; 5. изучение физических методов рационального природопользования, мало – и безотходных технологий; 6. изучение физических основ в создании экологически чистой энергетики и транспорта.

Такой подход вернет на свое место истинную ценность природы и жизни как главные ценности. С полным правом к такому подходу можно применить и термин гуманизация науки. Экологизация дисциплин естественнонаучного цикла будет способствовать сближению естественных и общественных наук.

Необходимость решения глобальных проблем заставляет рассматривать экологизацию естествознания, и физики в частности, не как внутреннее дело науки, а как определенную закономерность в развитии цивилизации.

Положительного эффекта в этом процессе можно достичь только при знании, как минимум, основ фундаментальной экологии. Следующая глава знакомит читателя с базовыми законами и понятиями этой новой для не биологов науки.

## Глава 2. Биосфера – «машина» циклов

*Родная земля – самое великолепное, что нам дано для жизни.  
Ее мы должны возделывать, беречь и охранять всеми силами своего  
существования.*

*К. Паустовский*

**Элементы экологии.** Наука, изучающая взаимодействие живых организмов с окружающей средой – экология получила свое название от др. греческих *οίκος* – обиталище, дом и *λόγος* – наука.

Составляющие окружающей среды, специфические для данного вида живого организма, обеспечивающие его развитие и воспроизводство характеризуют экологическую нишу этого вида. Такой нишей могут быть океан, опушка леса, капля воды. Совокупность неорганической основы, климатических условий (*экотоп*) и живых организмов (*биоценоз*) представляет *экосистему* (рис. 2). В экотоп входят климат, вода, почва, элементы ландшафта, воздух. Биоценоз составляют живые организмы, (зооценоз), растения (фитоценоз) и микроорганизмы (микробиоценоз). Для полноты компонентов составляющих экотоп, необходимо включить солнечное излучение, электромагнитный и акустический фон, а также, космическое излучение. Биоценоз и экотоп эволюционируют, воздействуя друг на друга через систему связей. Эти связи показаны стрелками, и механизм этого взаимодействия и представляет предмет экологии.

Стрелки-связи показывают направление потоков перетекания энергии и вещества поддерживающих устойчивое биологической и физическое состояние экосистемы.

Большой вклад в развитие экологии внес академик В. И. Вернадский. Он расширил ее границы, введя в систему связей экосистемы человеческий (антропогенный) фактор и понятие о ноосфере. Он определил ноосферу как совершенно новый объект научного познания, так как «это не просто общество, существующее в определенной среде, служащей пассивным поставщиком вещества и энергии и сохраняющейся в самой себе равном состоянии. Это нечто иное, целое, в котором сливаются развивающееся общество и изменяющаяся природа, взаимодействующие самым тесным образом. Можно сказать, что здесь действуют особые закономерности, в которых сложнейшим образом переплетаются законы неживой и живой природы, законы общества и законы человеческого мышления» [4].

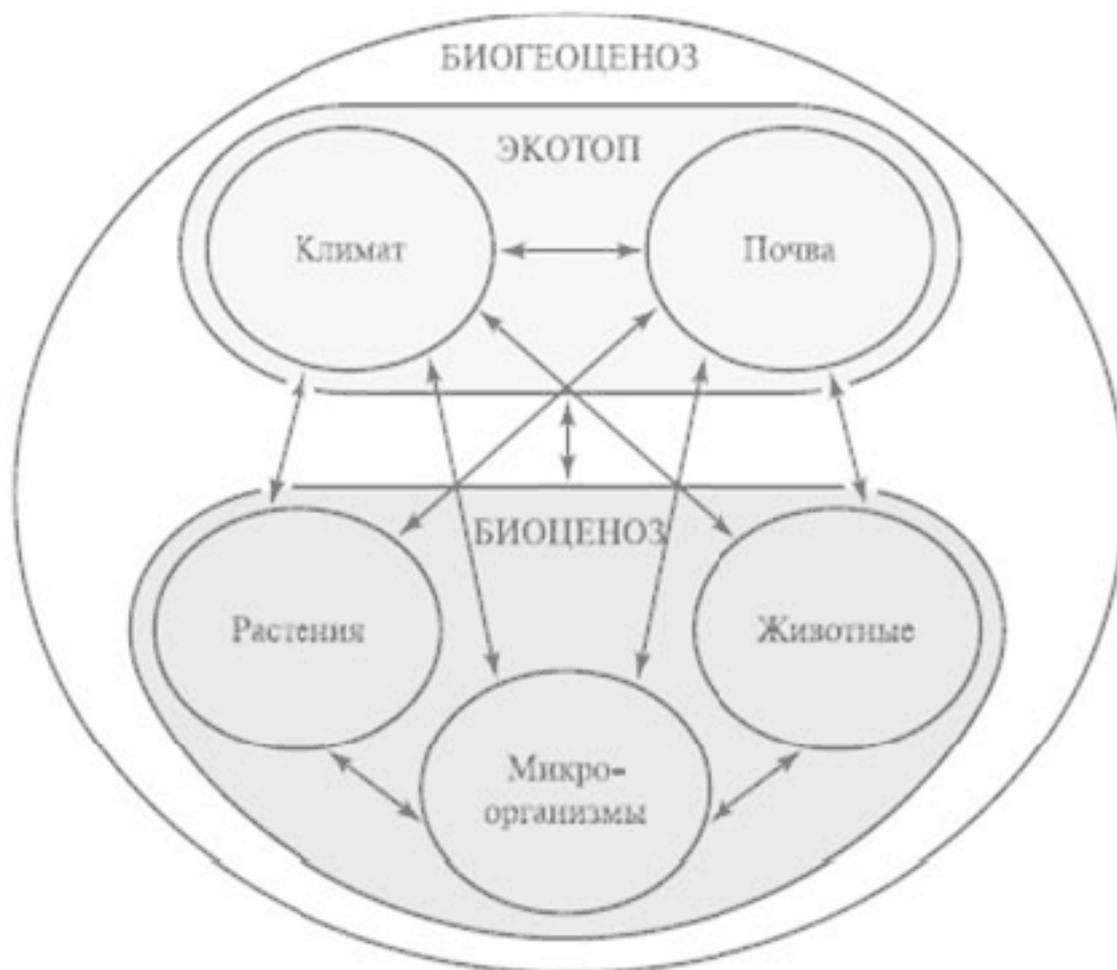


Рис. 2. Схема экосистемы

Явления, происходящие в биосфере, взаимоотношения между частями биосферы и экосистем и внутри каждой из них подчиняются определенным закономерностям и могут быть описаны в виде законов. Законы эти в отличие от физических трудно формализуются, может быть, в силу большой сложности описываемых явлений, а может быть, потому, что физика и биология пользуются разными представлениями о структуре окружающего пространства.

Биосфера, по определению В. И. Вернадского, это живая оболочка Земли, область распространения жизни. Нижняя граница биосферы – донные отложения океана, верхняя граница – озоновый экран, выше которого ультрафиолетовое излучение исключает существование живых организмов. Реально верхняя граница проходит на высоте 5–6 тыс. м., там, где в скалах могут обитать лишь мхи и микроорганизмы. Таким образом, толщина биосферы составляет около 15 км. В сравнении с радиусом Земли это очень малая величина, а на модели Земли, например, с радиусом в 1 м она будет выглядеть, как тончайшая пленка толщиной  $0,2 \times 10^{-3}$  м. Так же она и представляется космонавтам, их всегда удивляет наблюдаемая тонкость атмосферы.

Рассмотрим основные элементы биосферы – воду, воздух, почву теперь с позиций экологии как среду и ресурсы, обеспечивающие жизнь на Земле.

**Круговорот воды в биосфере.** Вода это составная часть всех элементов биосферы – не только водоемов, но и воздуха, почвы, живых существ, в которых под влиянием энергии Солнца и жизнедеятельности поддерживается определенный баланс воды. Механизм, поддерживающий этот баланс – *круговорот воды*. Мировой баланс воды – величина довольно ста-

бильная, на что еще обратил внимание Аристотель в «Метеорологии». Балансы отдельных элементов биосферы, например континентальных и океанских вод, непостоянны из-за изменения режима осадков, связанных с глобальными изменениями климата (ледниковые периоды). Для существования жизни и развития человеческой цивилизации наиболее важно частью в этом балансе являются пресные воды, которые составляют речной сток, содержатся в озерах и подземных горизонтах, 85 % пресной воды планеты сосредоточено в ледниках.

Ежегодный объем воды, который может использовать человечество, составляет 37,3 тыс. км<sup>3</sup> (речной сток) и часть подземных вод, запасы которых – 13 тыс. км<sup>3</sup>. Сами по себе эти цифры ничего не говорят, кроме того, что это большие величины. Для их оценки необходимо сравнить их с потребностью человечества в воде. Из имеющихся данных по расходу воды (в км<sup>3</sup>) на 1975 год [5] видно, что потребности уже сравнимы с природными запасами.

**Таблица 3**  
**Потребление воды, 1975**

Мировое потребление воды	км <sup>3</sup> /год
Сельское хозяйство	7000
Промышленность	1700
Бытовые нужды	600
Разбавление сточных вод	9000
Разбавление сточных вод	400
Итого	18700

С учетом быстрого роста населения и уровня загрязнения вод прогноз об исчерпании запасов пресных вод в мире в начале XXI века представляется вполне реальной. Потребность в воде в настоящее время не удовлетворяется у 20 % городского и 15 % сельского населения мира.

Вода на суше распределена неравномерно, огромные площади занимают вододефицитные земли: аридные, пустыни, полупустыни. Не всегда вода имеется там, где располагается потребитель. Например, в СССР из 1000 км воды, пригодной для потребления, только 20 % располагалось там, где потребность в ней самая высокая. Усложняют водоснабжение и сезонные изменения стока вод в периоды паводков и половодий. Речной сток измеряется в м<sup>3</sup>/с и характеризуется гидрографом. Сток характерный для рек европейского типа, например, как Луара во Франции, изменяется от 50 м<sup>3</sup>/с в зимнее время до 4000 м<sup>3</sup>/с во время паводков.

Знание гидрографа рек важно для планирования хозяйственного водопотребления, особенно в энергетических целях. Для человека паводки представляют значительное неудобство, а порой к опасность. Однако, нужно знать, что паводки играют большую роль для здоровья самой реки и всех ее обитателей. Зарегулирование рек дамбами и плотинами изменяет речной сток и наносит большой ущерб экосистемам рек. К сожалению, не подсчитывается соотношение между ущербом, нанесенным реке строительством ГЭС и энергетической выгодой. Не исключено, что в ряде случаев расчет окажется не в пользу ГЭС.

До появления биосферы круговорот воды в природе осуществлялся только за счет испарения поверхностных вод водоемов и суши. В этом процессе существуют два круговорота:

*малый*, в котором испарившаяся вода проливается прямо над океаном, и *большой*, когда облака уносятся ветром в сторону суши и пролившиеся дожди возвращаются в океан в виде поверхностного и речного стока (рис. 3).

В среднем, в год с поверхности всех водоемов испаряется около 0,5 млн. км<sup>3</sup> или 0,5<sup>15</sup> т. Более 90 % этого количества возвращается в океан с атмосферными осадками и лишь 10 % выпадает в виде осадков на поверхности материков. В некоторых конкретных случаях количество испаренной воды и скорость испарения столь велики, что не восполняются поверхностными стоками. Например, сток воды в Средиземное море не восполняет количества воды испаренной с его поверхности, поэтому в Гибралтаре течение направлено всегда из Атлантики. Речная вода обновляется за счет испарения с циклом в 10–12 суток.

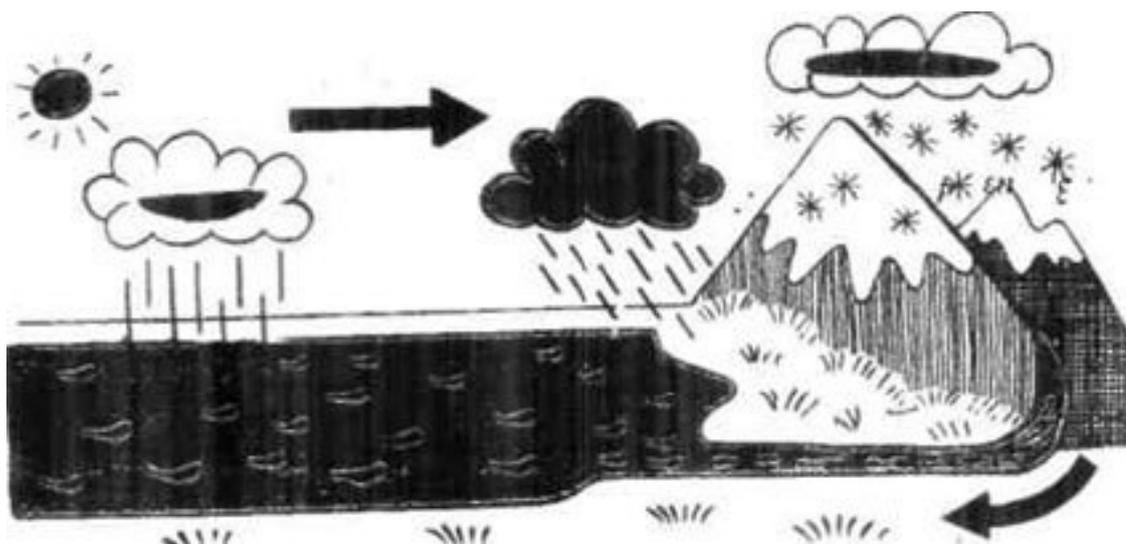


Рис. 3. Большой круговорот воды

Современный круговорот воды происходит с участием биосферы и человека. Цикл его таков: вода, испаренная с поверхности водоемов, почвой, растениями, животными, конденсируется, образуя облака, и выпадает в виде осадков. Часть ее попадает в водоемы непосредственно, часть питает подземные воды, часть потребляется животными и растениями и возвращается опять в мировой океан уже как продукт жизнедеятельности.

Сравнение двух круговоротов воды показывает, как усложнилась структура круговорота включением в него биоценозов и человека. Транспирация или дыхание растений и животных, внесло очень заметный вклад в водный цикл. Так, с единицы поверхности леса испаряется значительно больше воды, чем с такой же поверхности моря. Количество испаренной воды зависит от вида растений и типа почвы – сухая она или влажная. Подсчитано, что с гектара березового леса ежедневно испаряется 47 000 л воды, с гектара елового леса около 43 000 л. В среднем с гектара леса в год испаряется от 2000 до 6000 м<sup>3</sup>

## **Конец ознакомительного фрагмента.**

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

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

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