

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Уральский государственный лесотехнический университет»
(УГЛТУ)

Кафедра экологии и природопользования

Е. А. Тишкина

УЧЕНИЕ О БИОСФЕРЕ

Часть 3

Методические указания
к выполнению практических работ
обучающимися очной и заочной форм обучения.
Направление 05.03.06 «Экология и природопользование».
Дисциплина «Учение о биосфере»

Екатеринбург
2022

Печатается по рекомендации методической комиссии Института леса и природопользования УГЛТУ.
Протокол № 1 от 01.10.2021 г.

Рецензент – О. Н. Орехова, канд. с.-х. наук, доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства.

Редактор А. Л. Ленская
Оператор компьютерной верстки Е. Н. Дунаева

Подписано в печать

Плоская печать

Заказ №

Формат 60×84 1/16

Печ. л. 1,86

Поз. № 12

Тираж 10 экз.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Сектор оперативной полиграфии РИО УГЛТУ

Введение

Настоящие указания имеют цель ознакомить обучающихся с содержанием, требованиями, методикой и организацией теоретических занятий и практических работ по дисциплине «Учение о биосфере».

Учебные практические и лабораторные занятия играют важную роль в подготовке бакалавра. Они не только дополняют материалы учебных курсов и помогают обучающемуся овладеть многими методами наблюдения, анализа и синтеза, но и дают практические знания о природных процессах и их взаимосвязях.

Содержание семинарских и лабораторно-практических занятий определяется стандартом и программой по курсу «Учение о биосфере». Работа по данному курсу складывается из лекций, семинаров, лабораторно-практических занятий и самостоятельной работы обучающихся.

Практическая работа № 1

Изучение явления золотого сечения в окружающем мире: в растениях, животных, человеке, предметах быта

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Греческий философ-математик Пифагор (580–500 гг. до н. э.) был первым, кто обратил внимание на удивительное свойство деления отрезка на две части в соотношении 0,618:0,382. Соотношение общей длины такого отрезка к его меньшей части давало точно такое же соотношение. Позднее оно было названо золотым сечением. Это пропорциональное деление можно продолжать в обе стороны, наращивая отрезок в тех же соотношениях или продолжая делить его в тех же пропорциях. Математически эта закономерность нашла свое подобие в ряде Фибоначчи, состоящем из чисел 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, ..., каждое из которых является суммой двух предыдущих, причем отношения любых двух смежных членов ряда – чем дальше, тем точнее – приближаются к отношению золотого сечения.

Этот закон с полным правом можно считать одним из фундаментальных законов природы в целом и экологии в частности. По принципу золотого сечения строились древние храмы и дворцы, соотношение сторон картин наиболее знаменитых художников мира, оказывается, равно золотому сечению. И это не просто выражение чувства гармонии и красоты, вначале интуитивно воспринятого древними зодчими. Оказывается, золотому сечению подчиняются электрические волны мозга, морские раковины построены по принципу золотого сечения. Наконец, листья растений, тело человека также подчиняются принципу золотого сечения. Если показать испытуемым серию прямоугольников или эллипсов разных размеров,

предложив выбрать наиболее понравившуюся фигуру, то большая часть опрошенных выберет фигуры с соотношением 0,618: 0,382.

«Золотые пропорции» в фигуре человека. Определение золотого сечения дал Цейзинг. Он показал, как оно выражается в отрезках прямой и в цифрах. Наиболее подробно Цейзинг разработал пропорции греческой статуи Аполлона Бельведерского. Он исследовал греческие вазы, архитектурные сооружения различных эпох, растения, животные, птичьи яйца, музыкальные тона, стихотворные размеры. Когда цифры, выражающие длины отрезков, были получены, Цейзинг увидел, что они составляют ряд Фибоначчи, который можно продолжать до бесконечности в одну и другую сторону. Он написал книгу «Золотое деление как основной морфологический закон в природе и искусстве», которая была издана в России (1876 г.) под инициалами Ю. Ф. В. В этом издании не упомянуто ни одно произведение живописи. В конце XIX – начале XX вв. появилось немало чисто формалистических теорий о применении золотого сечения в произведениях художественного искусства и архитектуры. С развитием дизайна и технической эстетики действие закона золотого сечения распространилось на конструирование машин, мебели и др.

Ряд Фибоначчи. С историей золотого сечения (деления) косвенным образом связано имя итальянского математика Леонардо из Пизы, более известного под именем Фибоначчи (сын Боначчи). Он много путешествовал по Востоку, познакомил Европу с индийскими (арабскими) цифрами. В 1202 г. вышел в свет его математический труд «Книга об абаке» (счетной доске), в котором были собраны все известные в то время задачи. Одна из задач спрашивала: «Сколько пар кроликов в один год от одной пары родится?». Размышляя на эту тему, Фибоначчи выстроил такой ряд цифр:

Месяцы	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	И т. д.
Пары кроликов	0	1	1	2	3	5	8	13	21	34	55	89	

Ряд чисел 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55 и т.д. известен как ряд Фибоначчи. Особенность последовательности чисел состоит в том, что каждый ее член, начиная с третьего, равен сумме двух предыдущих: $2 + 3 = 5$; $3 + 5 = 8$; $5 + 8 = 13$; $8 + 13 = 21$; $13 + 21 = 34$ и т. д., а отношение смежных чисел ряда приближается к отношению золотого деления. Так, $21 : 34 = 0,617$, а $34 : 55 = 0,618$. Это отношение обозначается символом ϕ . Только это отношение (0,618:0,382) дает непрерывное деление отрезка прямой в золотой пропорции, увеличение его или уменьшение до бесконечности, когда меньший отрезок так относится к большему, как больший ко всему.

Фибоначчи также занимался решением практических нужд торговли: с помощью какого наименьшего количества гирь можно взвесить товар? Фибоначчи доказал, что оптимальной является такая система гирь: 1, 2, 3, 4, 8, 16... .

Обобщение золотого сечения. Ряд Фибоначчи мог бы остаться математическим казусом, если бы не то обстоятельство, что все исследователи золотого деления в растительном и животном мире, не говоря уже об искусстве, неизменно приходили к этому ряду как к арифметическому выражению закона золотого деления.

Ученые продолжали активно развивать теорию чисел Фибоначчи и золотого сечения. Ю. В. Матиясевич с использованием чисел Фибоначчи решает 10-ю проблему Гильберта. Возникают изящные методы решения ряда кибернетических задач (теория поиска, игр, программирования) с использованием чисел Фибоначчи и золотого сечения. В США создается математическая Фибоначчи-Ассоциация, которая с 1963 г. выпускает специальный журнал.

Ряд Фибоначчи (1, 1, 2, 3, 5, 8) и открытый им же «двоичный» ряд гирь 1, 2, 4, 8, 16... на первый взгляд совершенно разные. Но алгоритмы построения весьма похожи друг на друга: в первом случае каждое число есть сумма предыдущего числа с самим собой $2 = 1 + 1$, $3 = 2 + 1$, $5 = 3 + 2$ Нельзя ли отыскать общую математическую формулу, из которой получится и «двоичный» ряд, и ряд Фибоначчи? А может быть, эта формула даст нам новые числовые множества, обладающие какими-то новыми уникальными свойствами?

Действительно, зададимся числовым параметром S , который может принимать любые значения: 0, 1, 2, 3, 4, 5... . Рассмотрим числовой ряд, $S + 1$ первых членов которого – единицы, а каждый из последующих равен сумме двух членов предыдущего и отстоящего от предыдущего на S шагов. Если n -й член этого ряда мы обозначим через $\varphi_S(n)$, то получим общую формулу $\varphi_S(n) = \varphi_S(n - 1) + \varphi_S(n - S - 1)$.

Очевидно, что при $S = 0$ из этой формулы мы получим «двоичный» ряд, при $S = 1$ – ряд Фибоначчи, при $S = 2, 3, 4$ – новые ряды чисел, которые получили название S -чисел Фибоначчи. В общем виде золотая S -пропорция есть положительный корень уравнения золотого S -сечения $X^S + 1 - X^S - 1 = 0$.

Нетрудно показать, что при $S = 0$ получается деление отрезка пополам, а при $S = 1$ – знакомое классическое золотое сечение.

Отношения соседних S -чисел Фибоначчи с абсолютной математической точностью совпадают в пределе с золотыми S -пропорциями! Математики в таких случаях говорят, что золотые S -сечения являются числовыми инвариантами S -чисел Фибоначчи.

Факты, подтверждающие существование золотых S -сечений в природе, приводит белорусский ученый Э. М. Сороков в книге «Структурная гармония систем». Оказывается, например, что хорошо изученные двойные сплавы обладают особыми, ярко выраженными функциональными свойствами (устойчивы в термическом отношении, тверды, износостойки, устойчивы к окислению и т. п.) только в том случае, если удельные веса

исходных компонентов связаны друг с другом одной из золотых S -пропорций. Это позволило автору выдвинуть гипотезу о том, что золотые S -сечения есть числовые инварианты самоорганизующихся систем. Будучи подтвержденной экспериментально, эта гипотеза может иметь фундаментальное значение для развития синергетики – новой области науки, изучающей процессы в самоорганизующихся системах.

Принципиальное отличие такого способа кодирования чисел заключается в том, что основания новых кодов, представляющие собой золотые S -пропорции, при $S > 0$ оказываются иррациональными числами. Таким образом, новые системы счисления с иррациональными основаниями как бы ставят «с головы на ноги» исторически сложившуюся иерархию отношений между числами рациональными и иррациональными. Дело в том, что сначала были «открыты» числа натуральные, затем их отношения – числа рациональные. И лишь позже, после открытия пифагорейцами несоизмеримых отрезков, на свет появились иррациональные числа. В десятичной, пятеричной, двоичной и других классических позиционных системах счисления в качестве своеобразной первоосновы были выбраны натуральные числа – 10, 5, 2, из которых уже по определенным правилам конструировались все другие натуральные, а также рациональные и иррациональные числа. Своего рода альтернативой существующим способам счисления выступает новая, иррациональная система, в качестве первоосновы, начала счисления которой выбрано иррациональное число (являющееся, напомним, корнем уравнения золотого сечения); через него уже выражаются другие действительные числа. В такой системе счисления любое натуральное число всегда представимо в виде конечной, а не бесконечной (как думали ранее!) суммы степеней любой S -пропорции. Это одна из причин, почему «иррациональная арифметика», обладая удивительной математической простотой и изяществом, как бы вобрала в себя лучшие качества классической двоичной и «фибоначчиевой» арифметик.

Принципы формообразования в природе. Все, что приобретало в природе какую-то форму, образовывалось, росло, стремилось занять место в пространстве и сохранить себя. Это стремление находит осуществление в основном в двух вариантах – рост вверх или расстилание по поверхности земли и закручивание по спирали.

Представление о золотом сечении будет неполным, если не сказать о спирали. Раковина закручена по спирали. Если ее развернуть, то получится длина, немного уступающая длине змеи. Небольшая десятисантиметровая раковина имеет спираль длиной 35 см. Спирали очень распространены в природе.

Форма спирали завитой раковины привлекла внимание Архимеда. Он изучал ее и вывел уравнение спирали. Спираль, вычерченная по этому уравнению, называется его именем. Увеличение ее шага всегда равномерно. В настоящее время спираль Архимеда широко используется в технике.

Великий немецкий поэт Гёте подчеркивал тенденцию природы к спиральности. Он называл спираль «кривой жизни». Винтообразное и спиралевидное расположение листьев на ветках деревьев подметили давно. Спираль увидели в расположении семян подсолнечника, в шишках сосны, ананасах, кактусах и др. Совместная работа ботаников и математиков пролила свет на эти удивительные явления природы. Выяснилось, что в расположении листьев (филлотаксис), семян подсолнечника, в шишках сосны проявляется ряд Фибоначчи. А стало быть, проявляет себя закон золотого сечения. Паук плетет паутину спиралеобразно. Спиралью закручивается ураган. Испуганное стадо северных оленей разбегается по спирали. Молекула ДНК закручена двойной спиралью.

Среди придорожных трав есть ничем не примечательное растение — цикорий. Приглядимся к нему внимательнее. От основного стебля образовался отросток. Тут же расположился первый листок. Отросток делает сильный выброс в пространство, останавливается, выпускает листок, но уже короче первого, снова делает выброс, но уже меньшей силы, выпускает листок еще меньшего размера, и снова выброс. Если первый выброс (длину побега) принять за 100 единиц, то второй равен 62 единицам, третий — 38, четвертый — 24 и т. д. Длина лепестков тоже подчинена золотой пропорции. В росте, завоевании пространства растение сохраняет определенные пропорции. Импульсы его роста постепенно уменьшаются в пропорции золотого сечения.

В ящерице с первого взгляда улавливаются приятные для нашего глаза пропорции — длина ее хвоста так относится к длине тела, как 62 к 38. В растительном и животном мире пробивается формообразующая тенденция природы — симметрия относительно роста и движения. Здесь золотое сечение проявляется в пропорциях частей перпендикулярно к направлению роста. Природа осуществила деление на симметричные части и золотые пропорции. В частях проявляется повторение строения целого. Французский физик Пьер Кюри в начале XX в. сформулировал ряд глубоких идей симметрии. Он утверждал, что нельзя рассматривать симметрию какого-либо тела, не учитывая симметрию окружающей среды.

Закономерности «золотой» симметрии проявляются в строении некоторых химических соединений, в планетарных и космических системах, в генных структурах живых организмов. Эти закономерности, как указано выше, есть в строении отдельных органов человека и тела в целом, а также проявляются в биоритмах и функционировании головного мозга и зрительного восприятия.

Золотое сечение и симметрия. Золотое сечение нельзя рассматривать само по себе, отдельно, без связи с симметрией. Великий русский кристаллограф Г. В. Вульф (1863–1925) считал золотое сечение одним из проявлений симметрии. Согласно современным представлениям, золотое деление — это асимметричная симметрия. В науку о симметрии вошли та-

кие понятия, как статическая и динамическая симметрия. Статическая симметрия характеризует покой, равновесие, а динамическая – движение, рост. Так, в природе статическая симметрия представлена строением кристаллов, а в искусстве характеризует покой, равновесие и неподвижность. Динамическая симметрия выражает активность, характеризует движение, развитие, ритм, она – свидетельство жизни. Статической симметрии свойственны равные отрезки, равные величины. Динамической симметрии свойственно увеличение отрезков или их уменьшение, которое выражается в величинах золотого сечения возрастающего или убывающего ряда.

Переход к техногенному обществу в значительной степени нарушил гармонию человека с природой, привел к забвению важнейших законов природы, среди которых оказался и принцип золотого сечения. Этим во многом объясняется психическая незащищенность человека в крупном городе, где здания представляют собой монотонные коробки с правильными рядами окон, лишённые удивительного соотношения. Здоровье человека как важнейший показатель экологического риска определяется не только тем, что мы едим, каким воздухом дышим, какую воду пьем. Факторами воздействия является практически все, что действует на наши органы чувств: шум, зрительные образы.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Цель – исследовать явление золотого сечения в природе и научиться приемам оценки закона золотого сечения.

Материалы и оборудование: линейка, циркуль, сантиметровая лента, комнатные растения, животные, старинные и современные предметы домашней утвари одинакового назначения.

Ход работы

Проведение такого исследования осуществляется группами (2 человека), каждая из которых выбирает свои объекты исследования по всем заданиям.

Оформление результатов исследования. Результаты исследования оформляются в виде рисунков (листья растений) или схем (помещения, мебель, окна, двери), которые сопровождаются расчетами и краткими резюме.

Отчет по работе проводится в форме семинара-обсуждения полученных результатов.

Задание 1. Найдите принципы золотого сечения в размерах человеческого тела (общий рост человека, ширина плеч, головы, торса, длина ног, руки, окружность плеча, предплечья, кисти и др.).

Задание 2. Найдите принципы золотого сечения в соотношении размеров побегов, соцветий, цветов, листьев деревьев или комнатных растений.

Задание 3. Найдите принципы золотого сечения в предметах домашнего обихода. Рекомендуется сравнить современные и относительно старинные предметы одинакового назначения (например, заварочные чайники, вазы, кувшины, молочники и т. п.).

Задание 4. Исследуйте размеры учебных аудиторий, столов, стульев, окон и дверей на наличие золотого сечения.

Задание 5. Исследуйте размеры общественных и жилых зданий (или других объектов, созданных руками человека) на наличие золотого сечения.

Выводы по результатам работы должны содержать:

- 1) оценку частоты встречаемости золотого сечения у объекта животного происхождения (человека, кошки, птицы и пр.);
- 2) оценку частоты встречаемости золотого сечения у растительных объектов;
- 3) оценку частоты встречаемости золотого сечения в размерах комнат и окружающих предметов;
- 4) сравнительную оценку наличия золотого сечения в современных и старинных предметах домашнего обихода;
- 5) рекомендации по созданию соотношения золотого сечения в окружающем мире, созданном человеком.

Список рекомендуемой литературы для подготовки к занятиям

1. Дюрер А. Дневники, письма, трактаты. Л.; М.: Искусство, 1957. – 460 с.
2. Кеплер И. О. О шестиугольных снежинках. М.: Наука, 1982. – 194 с.
3. Ковалев Ф. В. Золотое сечение в живописи. Киев: Выща школа, 1989. – 143 с.
4. Стахов А. П. Коды золотой пропорции. М.: Радио и связь, 1983. – 152 с.

Практическая работа № 2 **Круговорот воды в биосфере**

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Цель – провести оценку масштабов круговорота воды в биосфере.

Ход работы

Задание 1:

- 1) рассчитайте количество воды, потребляемое человечеством в разные периоды цивилизации. Сделайте соответствующие выводы. Заполните таблицу 1;
- 2) постройте гистограмму, отражающую динамику потребления воды (по оси абсцисс – временной период, по оси ординат – количество потребленной воды).

Таблица 1

Количество воды, потребляемое человечеством
в разные периоды его существования

№ п/п	Период	Численность населения	Процент городского населения	Потребление воды в сутки	Потребление воды в месяц	Потребление воды в год
1	10 тыс. лет назад	5 млн.	0,05 %	12—18 л		
2	1000 лет назад	350 млн.	1 %	30 л		
3	500 лет назад	450 млн.	2 %	30 л		
4	1800 г.	1 млрд.	5 %	40–60 л		
5	1900 г.	1,65 млрд.	8 %	230 л		
6	1939 г.	2 млрд.	12 %	350 л		
7	1960 г.	3 млрд.	35 %	400 л		
8	1975 г.	4 млрд.	40 %	400 л		
9	1999 г.	6 млрд.	52 %	500 л		
10	2004 г.	6,1 млрд.	55 %	500 л		

Задание 2. Постройте и проанализируйте полный цикл круговорота воды в биосфере. Какое звено, по вашему мнению, является наиболее важным для сохранения целостности круговорота воды в природе? Ответ обоснуйте.

Задание 3. Сделайте выводы по рассмотренным вопросам.

Список рекомендуемой литературы для подготовки к занятиям

1. Алпатьев А. М. Влагообороты в природе и их преобразование. М.: Гидрометеиздат, 1969. – 323 с.
2. Авакян А. С. Рациональное использование и охрана водных ресурсов. Свердловск: Виктор, 1994. – 319 с.
3. Добровольский В. В. Основы биогеохимии: учеб. пособие. М.: Высшая школа, 1998. – 412 с.
4. Орлов Д. С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении: учеб. пособие. М.: Высшая школа, 2002. – 413 с.
5. Меркулов А. П. Самая удивительная на свете жидкость. М.: Советская Россия, 1978. – 193 с.

Практическая работа № 3 Круговорот кислорода в биосфере

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Цель – изучить круговорот кислорода в биосфере, оценить его значимость и ближайшую перспективу изменений.

Ход работы

Задание 1. Выявите значение разных групп организмов в круговороте веществ в природе. Заполните таблицу 2. Сделайте соответствующие выводы.

Таблица 2

Значение живых организмов в круговороте кислорода в природе

Группы организмов	Значение организмов в круговороте
Бактерии	
Грибы	
Растения	
Животные	

Задание 2. Установлено, что кислород образуется из молекул H_2O , а не CO_2 . Рассчитайте, сколько квантов света необходимо для одной молекулы кислорода.

Задание 3. Рассмотрите полный цикл круговорота кислорода в биосфере (рис. 1). Какие звенья включает круговорот кислорода? Какое звено, по вашему мнению, является наиболее важным для сохранения целостности круговорота кислорода в природе? Определите ценность каждого этапа круговорота кислорода для сохранения устойчивости биосферы. Ответ обоснуйте.

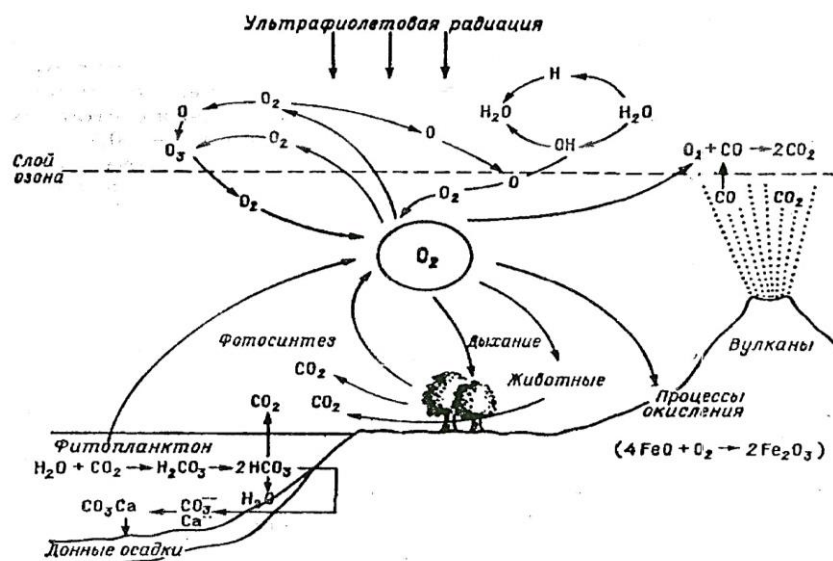


Рис. 1. Круговорот кислорода

Задание 4. Ответьте на вопросы:

- 1) каково значение кислорода в биосфере?
- 2) какие сферы и с какой активностью охвачены круговоротом кислорода?
- 3) какие существуют источники (приход) кислорода в биосфере? Дайте им краткую характеристику;
- 4) каким образом и в каких сферах (средах) происходит расход кислорода в биосфере?
- 5) соответствует ли процесс образования кислорода в биосфере процессам его расхода? Ответ обоснуйте.

Список рекомендуемой литературы для подготовки к занятиям

1. Горелов А. А. Экология: учебник. М.: Академия, 2009. – 400 с.
2. Добровольский В. В. Основы биогеохимии: учеб. пособие. М.: Высшая школа, 1998. – 412 с.
3. Сусуму Сато и Хиромицу Кумамото. Реинжиниринг окружающей среды. СПб.: Издательский дом «Бизнес-пресса», 2002. – 237 с.

Практическая работа № 4 **Круговорот азота в вечнозеленом лесу**

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Углерод, азот и кислород относятся к наиболее важным биогенным элементам. Азот необходим для жизни, поскольку он является обязательной составной частью белка. Он в избытке присутствует в воздухе, однако именно азот довольно часто является элементом, лимитирующим рост организмов. Дело в том, что атмосферный азот недоступен для большинства из них. В силу своей инертности он усваивается лишь после того, как будет переведен сначала в аммонийную, а затем в нитратную форму посредством довольно малоинтенсивного процесса азотфиксации, причем способностью фиксировать азот обладает лишь небольшое число видов почвенных деструкторов, к которым относятся в основном микроорганизмы. Особо важную роль в этом круговороте играют бактерии. В связи с этим многие экосистемы характеризуются низкой суммарной скоростью усвоения азота. Для их сохранения необходимо поддержание замкнутого азотного цикла, поэтому для большинства экосистем важную роль играет высвобождение азота после гибели организмов и деградации образующихся органических соединений.

Круговорот азота (в природе) – многократно повторяющийся процесс превращения и перемещения азота, происходящий по циклической схеме, который охватывает всю биосферу (атмосферу, литосферу, гидросферу).

Условно круговорот азота можно представить в виде схемы, которая состоит из шести этапов: фиксация азота, превращение в растительный белок, превращение в животный белок, разложение белка и гниение (процесс аммонификации), процесс нитрификации, процесс денитрификации. Биогеохимический процесс круговорота азота – довольно сложный процесс, он охватывает все области биосферы.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Цель – рассмотреть проблему круговорота азота в одной из экосистем биосферы и определить его интенсивность, эффективность и перспективность в целом для биосферы.

Ход работы

Задание касается экосистемы, представляющей собой зрелый пихтовый лес (пихта Дугласа) в штате Орегон, США; биомасса этой экосистемы не увеличивается. Данные о биомассе основных ее компонент и среднем содержании азота в каждой из них приведены в таблице 3. Таблица также содержит сведения относительно «пропускной способности» составляющих экосистемы, которые растут и затем распадаются, высвобождая азот, – это листва и ветки, попадающие в лесную подстилку (преимущественно осенью), грибница (максимум ее роста приходится на начало лета) и грибы, растущие быстрее всего зимой. Приведенные данные получены в результате кропотливого определения биомассы каждой из компонент на протяжении года. Эту систему можно считать замкнутой, поскольку процессы фиксации азота и выведения его из цикла столь незначительны, что ими можно пренебречь.

Таблица 3

Максимальная величина биомассы, массопереноса и содержания азота в компонентах экосистемы зрелого пихтового леса (пихта Дугласа)

№ п/п	Компоненты экосистемы	Биомасса, кг/га	Массоперенос, кг/га	Содержание азота, %
1	Надземные части	260 000	3 2000	0,16
2	Корни	49 000	0	0,08
3	Микориза	25 000	14 6000	0,62
4	Лесная подстилка	19 000	3 000	0,47
5	Грибы	23 000	9 2000	0,80
6	Органические вещества почвы	450 000	Не определяли	1,70

Задание 1. Рассчитайте максимальное количество азота, накопленное каждой компонентой экосистемы. В какой из них он содержится в максимальном количестве? Заполните таблицу 4. Максимальную величину ретенции азота можно получить, умножая биомассу на содержание в ней азота.

Таблица 4

Максимальная величина биомассы азота

№ п/п	Компоненты экосистемы	Ретенция азота, кг/га	Массоперенос, кг/га
1	Надземные части		
2	Корни		
3	Микориза		
4	Лесная подстилка		
5	Грибы		
6	Органические вещества почвы		

Задание 2. Определите количество азота, проходящее через каждую компоненту экосистемы. Какие предположения вам пришлось сделать при заполнении таблицы? Оправданны ли они?

Аналогичным образом определяют перенос азота (массоперенос) между компонентами экосистемы. Для этого перемножают величины переносимых биомасс на содержание в них азота. При этом мы делаем весьма существенное допущение, полагая, что в биомассе, переходящей от одной компоненты системы к другой, концентрация азота та же, что и в исходной компоненте. Такое предположение не всегда соответствует действительности. Так, содержание азота в опадающих листьях и веточках выше, чем в более массивных ветвях. Недоучет этого обстоятельства приведет к получению заведомо заниженной величины переноса азота от надземной части деревьев (5 кг/га). В действительности же перенос азота от надземных частей деревьев равен количеству азота, поступающего в лесную подстилку и затем выводимого из нее (произведите расчеты).

Азот может извлекаться из той или иной компоненты до ее разрушения. Таким образом, в частности, уменьшаются потери из микоризы и грибов.

Задание 3. Используя полученные вами результаты, составьте по возможности полный азотный цикл для данного леса. Какая из компонент является наиболее важной составляющей этого цикла?

Сделайте выводы по рассмотренным вопросам.

Список рекомендуемой литературы для подготовки к занятиям

1. Эннос А. Р., Бейли С. Э. Биология окружающей среды. М.: Колос, 1997. – 183 с.
2. Гейвандов Э. А. Экология: словарь-справочник. М.: Культура и традиции, 2002. – Т. 2. – 412 с.
3. Добровольский В. В. Основы биогеохимии: учеб. пособие. М.: Высшая школа, 1998. – 412 с.
4. Коробкин В. И., Передельский Л. В. Экология в вопросах и ответах: учеб. пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. – 602 с.
5. Орлов Д. С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении: учеб. пособие. М.: Высшая школа, 2002. – 413 с.

Практическая работа № 5 **Круговорот углерода в природе**

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Круговорот углерода – циклический процесс перемещения углерода в планетарном масштабе, включающий связывание и освобождение оксида углерода (IV). Масса CO_2 в атмосфере оценивается в 1012 т.

Приход CO_2 :

- 1) дыхание живых организмов;
- 2) почвенное дыхание;
- 3) разложение умерших животных и отмерших растений микроорганизмами, брожение;
- 4) антропогенные выбросы, включая сжигание (угля, мазута).

Расход CO_2 :

- 1) фиксация CO_2 из атмосферы при фотосинтезе с освобождением кислорода;
- 2) потребление части углерода животными, питающимися растительной пищей;
- 3) фиксация углерода в литосфере (образование органогенных горных пород – угля, торфа, горючих сланцев, а также почвенных компонентов, например, гумуса);
- 4) фиксация углерода в гидросфере (образование карбонатных пород – известняков, доломитов).

Постепенное возрастание содержания CO_2 в атмосфере привело к так называемому парниковому эффекту. Круговорот углерода тесно связан с круговоротом кислорода. Сжигание ископаемого топлива (80 %) и истребление обширных лесных массивов (20 %) привели к тому, что большое количество ранее секвестрированного (изолированного) углерода было выброшено на протяжении последнего столетия в атмосферу в виде диоксида

углерода. Наблюдаемое увеличение концентрации диоксида углерода в атмосфере, как полагают, может усиливать парниковый эффект, обусловленный уже имеющимся в атмосфере количеством этого соединения и водяными парами, что может привести к увеличению температуры земной поверхности, особенно в области полюсов.

Поскольку население нашей планеты достаточно многочисленно, и каждый из нас при дыхании выделяет в атмосферу диоксид углерода, вполне возможно, что это оказывает непосредственное влияние на его содержание в атмосфере.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Цель – изучить круговорот углерода в природе и влияние хозяйственной деятельности человека на трансформацию круговорота углерода.

Ход работы

Задание 1. Ответьте на вопросы:

- 1) каковы запасы органического и неорганического углерода в природе?
- 2) какое биологическое значение имеет углерод в биосфере?
- 3) в чем заключаются особенности круговорота углерода водных и наземных экосистем (рис. 2)? Определите наиболее уязвимые этапы в этом круговороте, дайте обоснование своим предположениям;

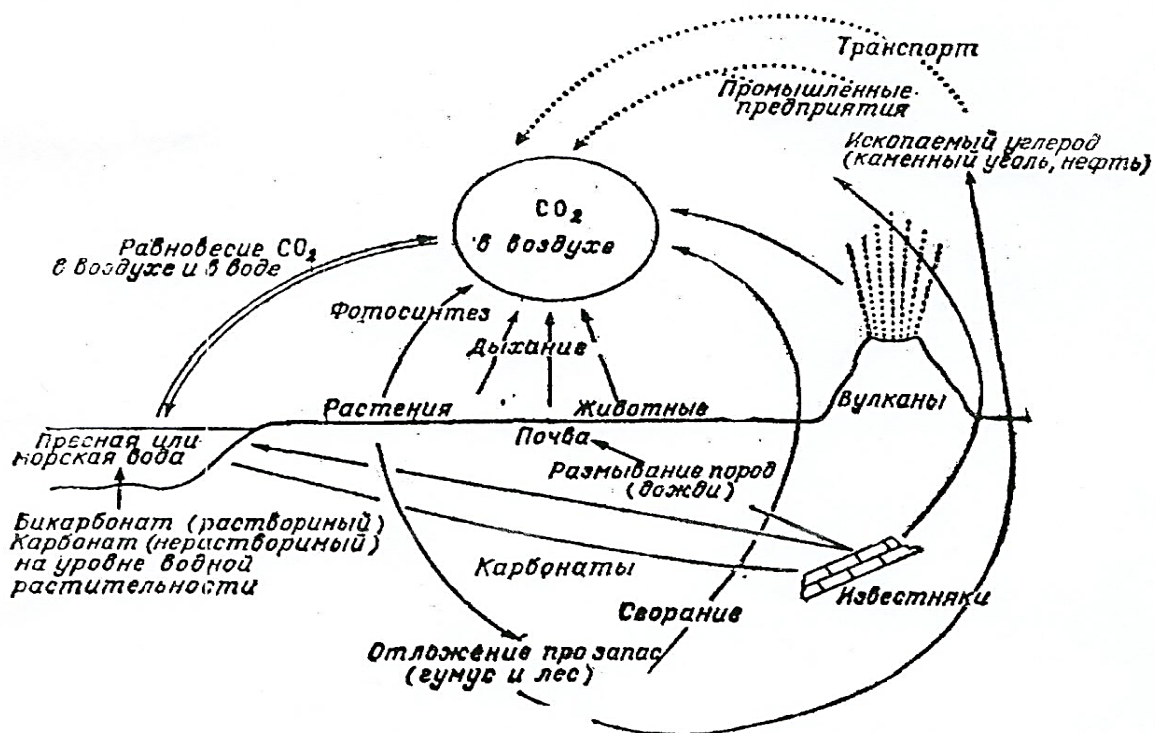


Рис. 2. Круговорот углерода

4) какую роль играет хозяйственная деятельность человека в трансформации круговорота углерода? Какие формы хозяйственной деятельности оказывают наиболее явное воздействие на биосферу? Рассмотрите газо-, нефте-, лесодобывающую промышленность, газо-, нефте-, лесоперерабатывающую промышленность и сельское хозяйство. Сравнительный анализ проведите с помощью цифровых диаграмм;

5) дайте характеристику процессам, в ходе которых углерод в виде углекислого газа поступает в атмосферу.

Задание 2. Разработайте сравнительную характеристику антропогенного CO_2 , вырабатываемого в год основными его поставщиками (США, Китай, Россия, Германия, Япония и др.).

Задание 3. Определите количество диоксида углерода, выделяемое вашим организмом на протяжении суток, месяца, года. Какое количество диоксида углерода вырабатывалось человечеством в V в. до н. э., в XIII в. и вырабатывается в современный период времени? Для решения следует привлечь сведения, касающиеся физиологии и анатомии человека. (Какова концентрация диоксида углерода в выдыхаемом воздухе? Сколько выдохов делает человек в минуту, в час и т. д.? Какой объем выдыхаемого воздуха у человека в состоянии покоя (л)? Какова масса этого газа (при комнатных температуре и давлении)? Какова масса одного моля CO_2 ? Какова общая масса выдыхаемого CO_2 в 1 кг?)

Другой, более простой, способ состоит в определении количества ежедневно потребляемых вами пищевых продуктов, поскольку большинство из них состоит из тех же компонентов, что и диоксид углерода.

Постройте соответствующую гистограмму.

Задание 4. Примем, что население земного шара составляет около 6 млрд. человек и что его ежедневное мировое потребление ископаемого топлива составляет (в перерасчете на нефть) около 180 млн. баррелей (масса 1 барреля, равного 40 американским галлонам нефти, составляет около 150 кг). Проведите расчеты и определите, будет ли, по вашему мнению, в этих условиях дыхание людей существенным образом влиять на процесс глобального потепления.

(Расчеты проведите, взяв за точку отсчета формулу октана. Сколько моль диоксида углерода образует при сгорании 1 моль октана? Конечные результаты приведите в граммах, килограммах.)

Задание 5. Какое влияние на процессы глобального потепления оказывает ежедневное мировое потребление ископаемого топлива?

Задание 6. Заполните схему круговорота углерода в природе следующими компонентами (рис. 3):

– углекислый газ атмосферы – бактерии и грибы;

- растения – осадочные и карбонатные породы;
- травоядные животные – хищники;
- сжигание топлива человеком – вулканическая деятельность.

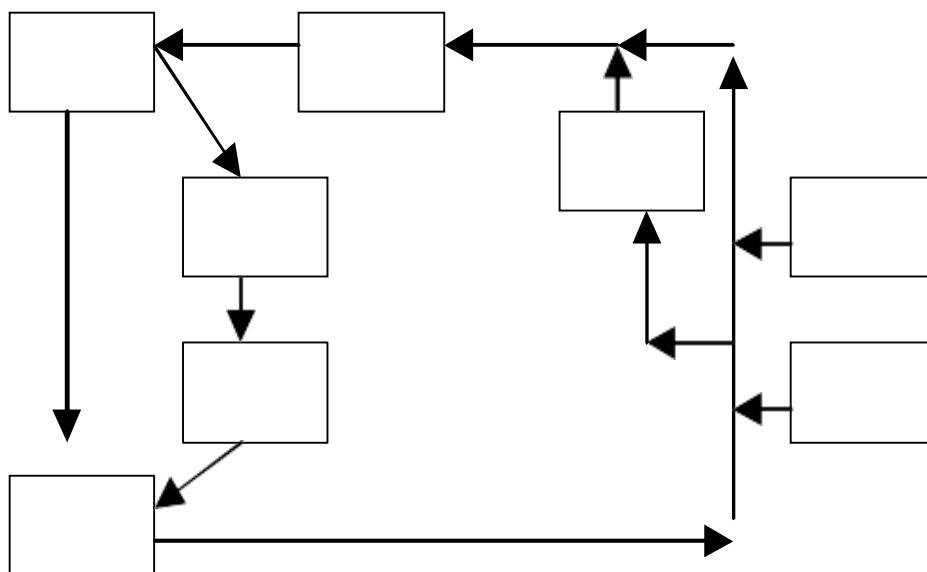


Рис. 3. Круговорот углерода

Задание 7. Известно, что 1 га 20-летнего сосняка поглощает в год до 9 т углекислоты, 1 га 60-летнего – 13 т, а 1 га 80-летнего – 11 т. Объясните, на чем основано правило рубки зрелых деревьев.

Задание 8. Рассчитайте, сколько необходимо гектаров сосняка для связывания углекислого газа, выделяемого человечеством современной биосферы, человечеством XIII в., V в. до н.э. в сутки, месяц, год. Постройте гистограмму, проанализируйте ее. Сделайте выводы.

Задание 9. Решите задачу. Общее содержание CO_2 в атмосфере Земли составляет около 1100 млрд. т. Установлено, что за 1 год растительность ассимилирует примерно 1 млрд. т углерода, примерно столько же его выделяется в атмосферу. Определите, за сколько лет весь углерод атмосферы пройдет через организмы.

Сделайте выводы по рассмотренным вопросам.

Список рекомендуемой литературы для подготовки к занятиям

1. Эннос А. Р., Бейли С. Э. Биология окружающей среды. М.: Колос, 1997. – 183 с.
2. Гейвандов Э. А. Экология: словарь-справочник. М.: Культура и традиции, 2002. – Т. 2. – 412 с.
3. Денисов В. В., Лозановская И. Н. и др. Экология: учеб. пособие. Ростов-на-Дону: Издательский центр «Март», 2002. – 672 с.
4. Орлов Д. С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении: учеб. пособие. М.: Высшая школа, 2002. – 413 с.

Практическая работа № 6

Парниковый эффект

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Один из возможных способов решения проблемы парникового эффекта – засадить большие площади поверхности земли лесом. Растущие деревья поглощают диоксид углерода, концентрируя его в древесине, и, следовательно, понижают его концентрацию в атмосфере.

Проведенное в Манчестере исследование касалось разработки практических аспектов этого вопроса. На заводе по производству оборудования для легкой промышленности (Ланкашир) работают 100 человек. Ранее завод ежегодно выбрасывал в атмосферу 246 т углерода в виде его диоксида. После модернизации завода в 1994 г. эта величина снизилась до 190 т в год и поддерживается на постоянном уровне благодаря направленным усилиям энергетиков и замене бензина, потребляемого заводом в качестве горючего, на дизельное топливо. Руководство завода полагает, что проведенные в 1994 г. посадки однолетней сосны за 20 лет могут фиксировать (в тканях своих ветвей, корней и т. п.) все то количество углерода, которое было выброшено заводом в атмосферу за этот промежуток времени. Количество углерода, фиксируемое на протяжении года 1 м² деревьев различного возраста при оптимальной плотности посадки, приведено в таблице 5.

Таблица 5

Фиксация углерода посадками сосны
в зависимости от возраста деревьев

Возраст дерева, лет	Фиксация углерода, кг (м ² /год)
2	3
5	0,02
10	0,7
15	1,4
20	2,1

Обратите внимание, что фиксация углерода в первые 5 лет роста дерева столь низка, что ее можно считать равной нулю; затем по мере дальнейшего увеличения возраста деревьев она растет практически линейно.

Задание 1. Рассчитайте, какую площадь необходимо отвести под посадки однолетней сосны, чтобы к концу 20-летнего периода суммарное количество диоксида углерода, выброшенного в атмосферу, стало равным нулю.

Порядок выполнения

1. Рассчитайте, сколько диоксида углерода (начиная с 1994 г.) выбросил завод за 20 лет.

2. Интерполируя данные для деревьев 5-, 10-, 15-, 20-летнего возраста, представленные в таблице 5 (графа 2), определите количество углерода, ежегодно фиксируемое 1 га леса, и заполните этими данными графу 3 таблицы 6 (не забудьте, что $1 \text{ т/га} = 0,1 \text{ кг/м}^2$).

3. Суммируйте полученные значения (см. таблицу 6, графа 4), определяя тем самым общее количество углерода, фиксируемое 1 га, для леса по мере роста деревьев вплоть до достижения ими 20-летнего возраста.

4. Эти данные представьте в графическом виде (на оси абсцисс – возраст деревьев, на оси ординат – кумулятивную фиксацию углерода, т/га).

5. Поделив количество углерода, выброшенного заводом в атмосферу, на последнюю из полученных величин, вы получите площадь посадок, необходимую для фиксации всего диоксида углерода, выделенного заводом в атмосферу.

Таблица 6

Зависимость между возрастом деревьев и суммарным количеством фиксированного ими углерода

№ п/п	Возраст деревьев, лет	Ежегодная фиксация С, т (га в год)	Суммарная фиксация С, т (га в год)
1	1		
2	2		
3	3		
4	4		
5	5		
6	6		
7	7		
8	8		
9	9		
10	10		
11	11		
12	12		
13	13		
14	14		
15	15		
16	16		
17	17		
18	18		
19	19		
20	20		

Сделайте выводы.

Задание 2. Предположим, что численность населения Великобритании составляет 55 млн. человек, а площадь земель, пригодных для сельскохозяйственных целей, – 15 млн. га. Кроме того, примем, что 1) неработающие (дети, домашние хозяйки и т. д.) составляют $\frac{2}{3}$ всего населения; 2) работающие выделяют диоксид углерода с той же интенсивностью, что и рабочие упомянутого выше завода; 3) неработающие выделяют в 4 раза меньше диоксида углерода, чем работающие. На основании этих данных определите, какую площадь (в процентах к общей) следует отвести под посадки сосны, чтобы спустя 20 лет суммарное выделение диоксида углерода в атмосферу было равно нулю.

Порядок выполнения

1. Определите число работающего населения.
2. Определите число неработающего населения.
3. Сколько углерода выделяет каждый работающий житель Великобритании (т/год)?
4. Сколько углерода выделяет каждый неработающий житель Великобритании (т/год)?
5. Определите суммарное выделение углерода работающими жителями Великобритании.
6. Определите суммарное выделение углерода неработающими жителями Великобритании.
7. Какое количество углерода поступит в атмосферу Великобритании за год, за 20 лет (т)?
8. Сколько углерода фиксирует 1 га соснового леса?
9. Сколько гектаров соснового леса смогут поглотить весь углерод, выброшенный в атмосферу за 20-летний период?

Сделайте выводы.

Задание 3. Ответьте на вопросы:

- 1) как можно охарактеризовать понятие «парниковый эффект»?
- 2) какие существуют теории по накоплению парниковых газов в атмосфере? Какие причины накопления парниковых газов относятся к основным?
- 3) каковы перспективы биосферы в отношении «парникового эффекта»? «Парниковый эффект» – это миф или реальность?
- 4) разработайте индивидуальный проект решения данной проблемы (письменно, с расчетами).

Список рекомендуемой литературы для подготовки к занятиям

1. Гейвандов Э. А. Экология: словарь-справочник. М.: Культура и традиции, 2002. – Т. 2. – 412 с.
2. Добровольский В. В. Основы биогеохимии: учеб. пособие. М.: Высшая школа, 1998. – 412 с.

3. Коробкин В. И., Передельский Л. В. Экология в вопросах и ответах: учеб. пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. – 602 с.

4. Орлов Д. С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении: учеб. пособие. М.: Высшая школа, 2002. – 413 с.

Практическая работа № 7 **Биосферные заповедники России**

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Цель – обобщить знания по данной теме, отработать навыки работы с картой России, оценить динамику состояния биосферных заповедников России.

Материалы и оборудование: карта «Комплексное районирование территории России по экологической и социально-экономической ситуации», карта «Государственные заповедники России», географический атлас «Природные зоны и биологические ресурсы России», контурные карты России.

Ход работы

Задание 1. Ответьте на вопросы:

- 1) какова роль животных для биосферы?
- 2) какова роль растений для биосферы?
- 3) какие виды хозяйственной деятельности человека и как влияют на структуру живого мира?
- 4) какова роль биосферных заповедников? Перечислите биосферные заповедники РФ;
- 5) определите, на охрану каких объектов направлена деятельность в перечисленных заповедниках.

Задание 2. Пользуясь картой «Комплексное районирование территории России по экологической и социально-экономической ситуации», определите место нахождения и масштабы биосферных заповедников России, нанесите их на контурную карту. Данные занесите в таблицу 7.

Таблица 7

Биосферные заповедники России

№ п/п	Заповедник	Место нахождения	Масштабы заповедника	Задачи заповедника

Задание 3. Определите процентное соотношение государственных заповедников России по срокам их функционирования (10, 10–30, 30–60, более 60 лет), пользуясь картой «Государственные заповедники России». Данные просчитайте и отразите в виде гистограммы.

Задание 4. Определите общую площадь государственных заповедников России. Отразите на гистограмме количество государственных заповедников, занимающих территорию: а) до 10 тыс. га; б) 10–50 тыс. га; в) 50–100 тыс. га; г) более 100 тыс. га.

Задание 5. Определите и нанесите на контурную карту водно-болотные угодья России, имеющие международное значение, пользуясь данными карты «Природные зоны и биологические ресурсы России».

Сделайте выводы. Оцените состояние, перспективы, динамику и значимость биосферных заповедников в России для ее жителей, в мире для человечества в целом.

Список рекомендуемой литературы для подготовки к занятиям

1. Борисов В. А., Белоусов Л. С., Винокуров А. А. Охраняемые природные территории. М.: Агропромиздат, 2002. – 310 с.
2. Протасов Л. В. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России: учебно-справочное пособие. М.: Наука, 2000. – 670 с.
3. Широков Г. И., Калихман А. Д., Комиссаров Н. Д. Экологический туризм. М.: Оттиск, 2002. – 192 с.
4. Ушакова С. А., Кац Я. К. Экологическое состояние территории России. М.: Академия, 2002. – 128 с.

Практическая работа № 8

Имитационное моделирование филогенеза

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Происхождение жизни – одна из важнейших нерешенных проблем не только биологии, но и естествознания в целом. Твердо установлено, что на Земле биогенез последовал за планетогенезом, а последний – за космогенезом и астрогенезом. Поэтому возникновение жизни и ее дальнейшая эволюция – это, скорее всего, закономерный этап глобального эволюционизма природы, т. е. Вселенной в целом.

Вместе с тем, ввиду теоретической нерешенности проблемы глобального эволюционизма, его этапы, в том числе биогенез и филогенез, также остаются нераскрытыми наукой до конца. Поэтому любые теоретические разработки указанного плана являются научно значимыми.

Одна из таких разработок, весьма популярная в научных кругах, – игровая модель под названием «Жизнь». Ее автор – математик из Велико-

британии Дж. Г. Конвей, год создания модели – 1970. По мнению ученых, эта модель превосходно имитирует рост, распад и другие изменения в развитии популяций.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Цель – изучить и отработать основные закономерности эволюции популяций на конкретных моделях.

Ход работы

1. Усвойте правила игры «Жизнь», для проведения которой достаточно иметь клетчатое поле ученической тетради:

1) клеточная популяция (например, колония или многоклеточный организм) имитируется определенной конфигурацией клеток поля, которая эволюционирует от исходного к конечному виду по определенным правилам игры;

2) судьба конкретной клетки в конфигурации однозначно определяется числом соседних с ней клеток, в качестве которых рассматриваются клетки, контактирующие с данной по вертикали, горизонтали или диагонали;

3) клетка выживает (остается на игровом поле) в следующем поколении, если она имеет 2 или 3 соседние клетки;

4) клетка гибнет (исчезает с поля) в следующем поколении, если занято более трех («перенаселение») или менее двух («незащищенность») соседних клеток;

5) клетка рождается (пустое место занимает клеткой) в последующем поколении, если занято три (и только три!) соседних (с местом рождения) клетки.

2. Закрепите на простом примере эволюцию исходной конфигурации, представленной на рис. 4.

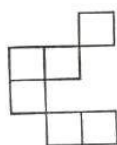


Рис. 4

Анализ проводится одновременно для всех занятых и пустых клеток (рис. 5). Знаком X удобно обозначать погибающие клетки, знаком O — рождающиеся, точкой — незанятую клетку (при необходимости ее различения с занятой).

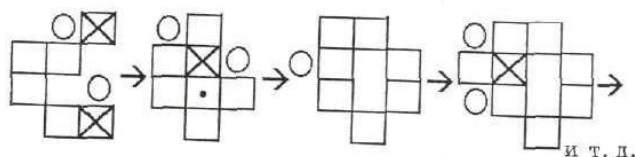


Рис. 5

3. Уясните основные результаты эволюции клеточной конфигурации:

а) гибель (рис. 6);

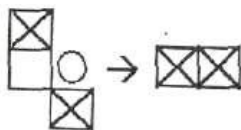


Рис. 6

б) стабилизация (рис. 7);

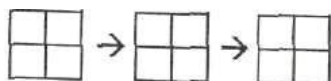


Рис. 7

в) циклическое воспроизводство (рис. 8);

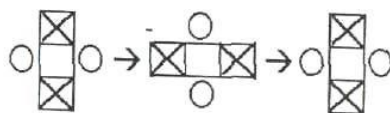


Рис. 8

г) неограниченный рост (пример – рис. 9).

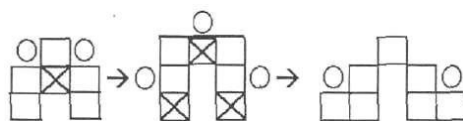


Рис. 9

Показанные на рисунке начальные конфигурации не обязательно являются исходными для популяции. Они могут образовываться в процессе эволюции последней, что, очевидно, не меняет конечного результата. Циклическое воспроизводство может происходить не только в трех поколениях (как на рис. 8), но и в гораздо большем их числе.

Задание 1. Прodelайте процедуры по правилам игры для следующей конфигурации (рис. 10).

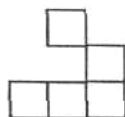


Рис. 10

Каков итог такой эволюции и почему эта фигура называется «лемминг»?

Задание 2. Прodelайте процедуры игры для следующей конфигурации (рис. 11).

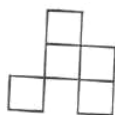


Рис. 11

Почему эта фигура называется «планер»? Есть ли общие черты в эволюции для «лемминга» и «планера»?

Задание 3. Осуществите эволюцию для фигуры, представленной на рис. 12. Проведите действия для 10 поколений, внимательно выполняя все процедуры. Какой вывод можно сделать по итогам такой эволюции?

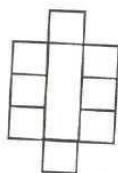


Рис. 12

Задание 4. Проведите действия для следующей фигуры «два лемминга» (рис. 13).

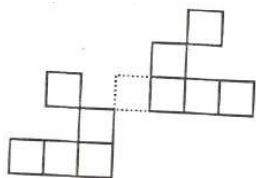


Рис. 13

В отличие от рис. 12 данная конфигурация четко доводится в своей эволюции до логического завершения. Каков итог такой эволюции?

Список рекомендуемой литературы для подготовки к занятиям

1. Волькенштейн М. Б. Физика и биология. М.: Наука, 1980. – 152 с.
2. Лекции по биофизике / Под ред. П. О. Макарова. Л.: ЛГУ, 1968. – 478 с.
3. Новосельцев В. Н. Теория управления и биосистемы. М.: Наука, 1978. – 319 с.

Практическая работа № 9 **Динамика открытых систем**

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Как следует из общей теории систем, открытые системы – это системы, которые, в отличие от закрытых, обмениваются с окружающей их средой веществом, энергией или информацией. С этой точки зрения все реальные системы фактически являются открытыми. Их динамика, т. е. изменение состояния со временем, подчиняется не только закономерностям, характерным для закрытых систем, но и особым законам, учитывающим взаимодействие со средой. В итоге поведение открытой системы может в ряде случаев кардинально отличаться от поведения закрытой системы. А именно, результирующая динамика зависит от баланса энтропий-

ных потоков внутри и вовне системы. Математически это выражается уравнением И. Р. Пригожина для баланса энтропии в открытой системе, которое, отвлекаясь от временных интервалов, можно записать в виде

$$\Delta S_o = \Delta S_i + \Delta S_e ,$$

где индексы «o», «i» и «e» относятся соответственно к суммарному потоку энтропии, ее производству и обмену.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Цель – исследовать открытые системы, способные не только увеличивать свою неупорядоченность в динамике, но и поддерживать порядок на требуемом уровне или даже повышать его со временем. Изучить свойства суммарной энтропии всей системы, включающей окружающую среду.

Ход работы

Задание 1. Зарисуйте схему открытой упорядоченной системы «O», находящейся в окружающей среде «G» (рис. 14).

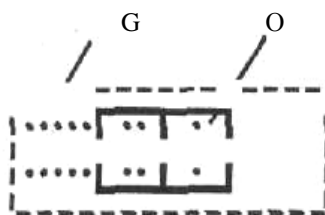
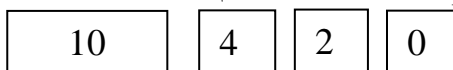


Рис. 14

Распределение частиц в системе и среде можно упрощенно представить в виде:



Задание 2. В модельном виде динамику системы «O» и среды «G» можно рассматривать как последовательность следующих этапов:

- поглощение частиц из окружающей среды;
- перераспределение их внутри системы;
- удаление «лишних» частиц в окружающую среду.

Задавая поглощение числом 2 (для двух частиц) и накладывая условие возврата системы к исходному состоянию, с учетом обозначений, введенных в задании 1, получаем следующую схему динамики системы и среды (рис. 15). На схеме сбоку отмечены приращения энтропии, соответствующие используемым индексам. Полная обменная энтропия:

$$\Delta S_e = \Delta S'_e + \Delta S''_e .$$

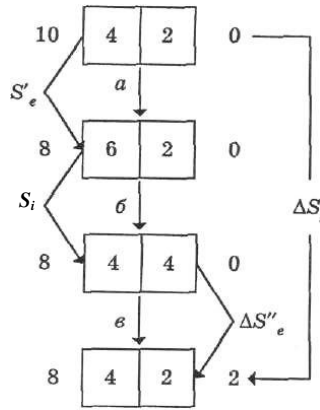


Рис. 15

Задание 3. Используя формулу Больцмана, с учетом выражения числа состояний через число сочетаний,

$$S = k \ln C_n^m = 2,3k \lg C_n^m,$$

рассчитайте производство энтропии ΔS_i . Постоянную Больцмана сохраните в алгебраической записи (т. е. без подстановки значения).

Ответ: 0,92 К.

Задание 4. Рассчитайте суммарную обменную энтропию ΔS_0 , пользуясь описанным подходом, и запишите расчеты и результат.

Задание 5. Найдите приращение энтропии открытой системы ΔS_0 в итоге динамических изменений внутреннего и обменного характеров, просуммировав данные из заданий 3 и 4. Объясните полученный результат.

Задание 6. Рассчитайте приращение энтропии ΔS_g в окружающей среде после цикла обмена между ней и открытой системой (т.е. перехода из состояния «10–0» в состояние «8–2»). Запишите расчеты и результат. Объясните его качественно, т.е. в отношении знака перед численным значением.

Ответ: 3,8 К.

Задание 7. Проанализируйте полученную совокупность результатов (задания 3–6). Сделайте вывод, касающийся изменения энтропии в полной системе «О» + «Г» (обозначено пунктиром на рис. 14 в задании 1), просуммировав ΔS_0 и ΔS_g . Объясните полученный результат с качественных позиций.

Задание 8. Рассмотренное в заданиях 1–7 модельное поведение открытой системы, несмотря на очевидную искусственность построений, позволяет получить правильные результаты не только качественно, но и количественно. В более приближенных к реальным системам моделях выполнение энтропийных расчетов проблематично. Тем не менее, качественная сторона происходящих процессов является весьма содержательной.

На схеме (рис. 16) изображена более точная модель реальной системы – бактерии в питательном бульоне.

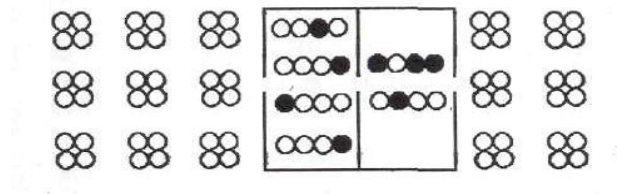


Рис. 16

Черными кружками обозначены «изношенные» («дефектные») части «молекул» бактерии, которые подлежат замене полноценными частями, формируемыми из «молекул» бульона.

Рассмотрите качественную и количественную стороны динамических процессов (без выполнения расчетов) производства и обмена в данной системе. Перерисуйте схему для конечного состояния цикла.

Сделайте выводы.

Список рекомендуемой литературы для подготовки к занятиям

1. Волькенштейн М. Б. Физика и биология. М.: Наука, 1980. – 152 с.
2. Лекции по биофизике / Под ред. П. О. Макарова. Л.: ЛГУ, 1968. – 478 с.
3. Новосельцев В. Н. Теория управления и биосистемы. М.: Наука, 1978. – 319 с.

Оглавление

Введение	3
Практическая работа № 1. Изучение явления золотого сечения в окружающем мире: в растениях, животных, человеке, предметах быта.....	3
Практическая работа № 2. Круговорот воды в биосфере.....	9
Практическая работа № 3. Круговорот кислорода в биосфере.....	11
Практическая работа № 4. Круговорот азота в вечнозеленом лесу.....	12
Практическая работа № 5. Круговорот углерода в природе.....	15
Практическая работа № 6. Парниковый эффект.....	19
Практическая работа № 7. Биосферные заповедники России.....	22
Практическая работа № 8. Имитационное моделирование филогенеза.....	23
Практическая работа № 9. Динамика открытых систем.....	26



Е. А. Тишкина

УЧЕНИЕ О БИОСФЕРЕ

Часть 3

Екатеринбург
2022