

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное агентство по образованию
Курганский государственный университет

Кафедра «Экология и безопасность жизнедеятельности»

Исследование и регулирование возобновляемых природных ресурсов

Методические указания к выполнению
лабораторной работы для студентов специальностей:
080105, 080109, 080111, 080115, 080301, 080502, 080504, 031001, 030601,
140211, 150202, 151001, 151002, 200503, 220301, 190201, 190202, 190601,
190603, 190702, 260601, 050501, 090105, 230105, 280101

Курган 2008

Кафедра: «Экология и безопасность жизнедеятельности »

Дисциплины: «Экология», «Природопользование»

Специальности: 080105, 080109, 080111, 080115, 080301, 080502, 080504, 031001, 030601, 140211, 150202, 151001, 151002, 200503, 220301, 190201, 190202, 190601, 190603, 190702, 260601, 050501, 090105, 230105, 280101

Составитель: канд. с.-х. наук, доцент кафедры «Э и БЖД» Коновалов М.Н.

Утверждены на заседании кафедры «16» октября 2008 г.

Рекомендованы методическим советом университета «20» ноября 2008 г.

Введение

С тех пор как человек существует на Земле, он непрерывно взаимодействует с окружающей средой.

Человек регулярно пытается противопоставить себя естественной среде (природе). К чему же такое противопоставление приводит? Ответ: к естественным процессам работы механизма гомеостаза экосистем. Если какая-либо популяция противопоставляет себя другим, пытаясь выделиться среди них, начинается включение механизмов регуляции состояния такой популяции и возвращения ее к оптимальному состоянию равновесия [6].

В ставшем модным в последнее время слове «парадигма» (от греч. *paradeigma* – пример, образец или система форм одного и того же слова) заключен философский смысл смены отношения людей к окружающему миру, глядя на который мы в первую очередь различаем то, что близко сердцу, созвучно нашему настроению. Если в классической экологической триаде «организмы – взаимодействие – окружающая среда» раньше наше внимание было приковано в основном к проблемам окружающей среды, то на рубеже веков на первый план выходят проблемы сохранения биоразнообразия. Под влиянием все возрастающих антропогенных нагрузок на среду и в результате быстрого развития негативных процессов, общественное экологическое сознание за короткий срок «шагнуло» от «уверенности в своих силах» к осознанию «зависимости нашего будущего от судьбы многих видов животных и растений, населяющих Землю».

Развитие современной цивилизации до недавнего времени было по своей природе потребительским: мы использовали окружающую среду с максимальной нагрузкой, не заботясь о последствиях. Массовое нарушение и даже уничтожение природных систем «подрывает» видовое разнообразие – необходимое условие стабильности биосферы. Мы создали систему, основанную не на равновесии, а на чрезмерной эксплуатации воды, почвы, биоресурсов, энергии. Тот факт, что человечество стоит на пороге очередного важного «эволюционного события», которое определит дальнейшее развитие жизни на Земле, заставляет нас с особым вниманием отнестись к тому, что происходит вокруг, и сделать свой выбор. Если выбор будет состоять в том, чтобы научиться контролировать свою всепоглощающую мощь и создать устойчивую систему, где будет соблюдаться равновесие между всеми обитающими на Земле видами, то, очевидно, господствующей общественной парадигмой XXI века должна стать идея сохранения биоразнообразия [5].

Итак, чтобы человек как и прежде не оставался невежественным, со страхом ожидающим возмездия от природных сил, ему необходимо отрегулировать масштабы своего влияния на окружающую среду, т.е. управлять своим воздействием на нее, делая свое существование на планете Земля как можно более безопасным [6].

В основе предлагаемой деловой игры по исследованию и регулированию исчерпаемых возобновляемых природных ресурсов «Рыболовство» лежит модель системной динамики взаимодействия рыболовного флота и популяций

рыбы, разработанная группой американских специалистов под руководством профессора Д. Медоуза в 1986 г. в Международном институте прикладного системного анализа в г. Вене.

Игра первоначально использовалась в образовательных курсах США, затем стала широко применяться во многих странах мира не только в целях обучения, но и при проведении международных научных семинаров и школ по вопросам рационального использования природных ресурсов.

В методических указаниях кратко изложены теоретические основы рационального использования возобновляемых природных ресурсов и особенности применения системного подхода к исследованию экологических систем, необходимые для понимания целей и выполнения игры.

1 Теоретическая часть

1.1 Принцип системной динамики при исследовании экологических систем

Любой объект экологии (организм с окружающей его средой, популяция, биоценоз и экосистема) – это система или множество связанных между собой компонентов. Специфика изучения подобных объектов определяется не усложнением методов анализа, а применением новых принципов и стремлением построить целостную картину объекта как системы. Поэтому одним из основных методов изучения в экологии служит системный подход, или системное исследование, основанное на общей теории систем.

Исходным представлением системного подхода является представление о целостности изучаемой системы и ее относительной обособленности, которое проявляется в том, что систему можно выделить из окружающей среды и противопоставить ей. Целостность системы обеспечивается связями между составляющими ее частями.

В зависимости от природы системы и решаемой задачи между компонентами могут существовать различные связи, например – экологические взаимодействия между популяциями в биоценозе, биотический потенциал, являющийся разностью между рождаемостью и смертностью, и другие.

Изучение системы с позиций системного подхода сводится к следующему:

- определение состава системы и взаимодействующих с ней систем;
- установление структуры системы, т.е. связей между ее компонентами;
- нахождение функции (закона поведения) системы, определяющей ее реакцию на изменение окружающей среды.

При исследовании сложных систем, с которыми имеет дело эколог, практически невозможно полностью изолировать систему от окружающей среды, не всегда можно управлять всеми входами, так как они не являются полностью независимыми, не всегда можно пренебречь изменением свойств системы во времени. По этим причинам экологические законы являются в большинстве случаев вероятностными. В последнее время, в связи со значительной сложностью экологических систем и законов, широкое

распространение в системе экологического образования получили игровые методы обучения, основанные на методологии имитационного моделирования.

Имитационные модели, реализованные в виде компьютерных программ, позволяют исследовать воздействие человека на окружающую среду и прогнозировать динамику поведения (т.е. изменение во времени) сложных экологических систем. Такой подход, известный под названием «системной динамики», был впервые предложен в 1983 г. профессором Массачусетского технологического института (США) Дж.Форрестером и затем развит Д.Медоузом и его коллегами. *Метод системной динамики - это одна из разновидностей имитационного моделирования, отличительной особенностью которой является концепция информационных обратных связей.* В основу метода системной динамики положена имитационная компьютерная модель с обратными связями, описывающая реально существующие природные процессы.

Заметим, что информационные связи между компонентами системы определяют устойчивость поведения и ее развитие. Если, например, рассматриваются два элемента А и В, то связь А с В ($A \rightarrow B$) называется *прямой*, а связь В с А ($A \leftarrow B$) *обратной*.

Среди обратных связей следует особо выделить положительные и отрицательные.

При отрицательной обратной связи $A^+ \leftarrow B$ элемент В действует на элемент А противоположным образом по сравнению с действием А на В. При этом, если А стимулирует, увеличивает или усиливает В, то В уменьшает или ослабляет А и наоборот. В связи с этим, можно сформулировать следующее правило: *обратная отрицательная связь ведет систему к стабилизации и поддерживает ее в состоянии равновесия при любых по своей природе воздействиях.* Процесс при этом идет с замедлением, а его направление – к устойчивому состоянию.

На принципе отрицательной обратной связи построены все механизмы регуляции физиологических функций в любом организме и поддержание постоянства внутренней среды и внутренних взаимосвязей, т.е. *гомеостаза* любой авторегуляторной системы.

При положительной обратной связи $A^+ \leftarrow B$, элемент В действует на элемент А таким же образом, как и А на В, поэтому происходят взаимная их стимуляция, увеличение, усиление или, наоборот, угнетение, уменьшение, ослабление. Можно принять следующее правило: *обратная положительная связь ведет систему к изменению, развитию все дальше от исходного состояния вплоть до перерождения или катастрофы системы.*

Контуры положительных обратных связей не только не способствуют регуляции, а наоборот, генерируют дестабилизацию систем, приводя их либо к угнетению и гибели, либо к ускоряющемуся росту, за которым, как правило, следует срыв и разрушение системы.

Положительные и отрицательные обратные связи могут действовать одновременно и быть весьма разнообразными: мгновенные, запаздывающие, гладкие, пороговые и т.п. Совокупность связей создает структуру системы,

которую можно рассматривать как «по горизонтали», например: паразит – хозяин, хищник – жертва, человек – биота, так и «по вертикали», например: особь – популяция – биоценоз.

1.2 Проблема исчерпаемости природных ресурсов и рационального природопользования

Человек никогда не был единственным обитателем Земли. Наряду с ним, существовали и в настоящее время существуют почти 1,5 млн видов животных и растительных организмов. Являясь элементом окружающей среды, человек в ходе эволюции занял господствующее положение и начал оказывать на природу существенное воздействие. Человек не может «законсервировать» природу и не пользоваться ею. Неразумное природопользование, т.е. интенсивное использование природных ресурсов в процессе хозяйственной деятельности, неизбежно приводит к их истощению или разрушению и, как следствие, к ухудшению качества окружающей среды. В соответствии с существующей классификацией ресурсов, к исчерпаемым невозобновимым относят минеральные ресурсы, а к исчерпаемым возобновимым – земельные, водные и биологические ресурсы. К ним относят растительный и животный мир. Они по мере использования могут восстанавливаться при условии сохранения базы для их восстановления.

Однако, в последнее время рост народонаселения и увеличение потребностей человечества в пище, сырье и энергии привел к существенному истощению возобновимых биологических ресурсов, ранее восстанавливающихся естественным путем. Поэтому требуются специальные усилия и время для их восстановления. Истощение природных ресурсов и связанное с ним ухудшение качества окружающей среды угрожает человечеству экологическим кризисом.

Основной принцип рационального использования природных ресурсов вообще, и ресурсов растительного и животного мира в частности состоит в совершенствовании ресурсного цикла и предотвращении всех видов загрязнения среды, а именно:

- в сокращении выбросов и сбросов загрязняющих веществ, исключении химических воздействий на природные экосистемы;
- в сохранении типичных для каждого вида животных и растений мест обитания;
- в сохранении видов на уровне естественных популяций путем регулирования их промысловой добычи.

Сохранение и восстановление биологических ресурсов, их рациональное использование – важнейшие задачи охраны природы, решение которых невозможно без глубокого теоретического анализа проблемы. Теоретической основой охраны природы является экология. Знание ее законов позволяет прогнозировать и регулировать численность и биомассу популяций, разрабатывать мероприятия по управлению запасами промысловых и особо ценных видов животных, борьбе с вредителями сельского и лесного хозяйства,

возбудителями болезней, повышению устойчивости природных и созданию устойчивых искусственных экосистем.

1.3 Равновесие экосистем – это равновесие популяций

В природе каждый существующий вид представляет сложный комплекс или даже систему внутривидовых групп, охватывающие в своем составе особей со специфическими чертами строения, физиологии и поведения. Таким внутривидовым объединением особей и является популяция. Термин «популяция» был впервые введен в 1903 году датским ученым Йогансенем для обозначения «естественной смеси особей одного и того же вида, неоднородной в генетическом отношении». По определению С.С. Шварца (1980), *популяция – это элементарная группировка организмов определенного вида, обладающая всеми необходимыми условиями для поддержания своей численности необозримо длительное время в постоянно изменяющихся условиях среды.*

Термин «популяция» в настоящее время используют в узком смысле слова, когда говорят о конкретной внутривидовой группировке, населяющей определенный биогеоценоз, и в широком, общем смысле, для обозначения обособленных групп вида независимо от того, какую территорию она занимает и какую генетическую информацию несет.

Популяция является генетической единицей вида, изменения которой осуществляет эволюция вида. Как группа совместно обитающих особей одного вида, *популяция выступает первой надорганизменной биологической макросистемой.* У популяции приспособительные возможности значительно выше, чем у слагающих ее индивидов, а функции популяции аналогичны функциям других биологических систем. Им свойствен рост, развитие, способность поддерживать существование в постоянно меняющихся условиях.

Стабильность экосистемы в течение длительного времени предполагает, что и популяция каждого входящего в нее вида остается неизменной. Устойчивое увеличение или снижение численности любой популяции приведет к изменению экосистемы в целом. Стабильность популяции обеспечивается динамическим равновесием между рождаемостью (воспроизводством) и смертностью. Таким образом, проблема сохранения экологического равновесия сводится к поддержанию равновесия между рождаемостью и смертностью каждого вида экосистемы.

Гомеостаз (греч. *homoios* – подобный, одинаковый; *stasis* – стояние) – это способность биологических систем противостоять изменениям условий жизни и сохранять состояние равновесия.

Экосистемы, как и организмы, способны к саморегулированию и самоподдержанию. Например, численность любой популяции регулируется в таких пределах, чтобы избежать перенаселения экосистемы. Как и в технических системах, в экосистемах осуществляется два вида обратной связи. Положительная обратная связь усиливает отклонение, необходимое для выживания и роста организмов, а отрицательная обратная связь ослабляет

действие благоприятных факторов и позволяет избежать, например, стремительного разрастания популяции того или иного вида организмов.

В больших, зрелых экосистемах поддерживается самокорректирующийся гомеостаз в результате взаимодействия круговорота веществ и потока энергии. В связи с этим, экосистемы Земли и сама биосфера находятся в устойчивом состоянии [7].

Воздействие человека на природу зачастую приводит к вымиранию популяций, так как его воздействие не зависит от ее плотности. Разрушение человеком экосистем, изменение привычных мест обитания и чрезмерная эксплуатация ресурсов одинаково негативно влияют на популяцию как с низкой, так и с высокой плотностью. Если плотность популяции становится ниже минимальной, критической, т.е. гарантирующей воспроизводство вида, то гибель популяции становится практически неизбежной.

1.4 Механизмы и типы динамики популяций. Колебания численности и гомеостаз популяций

Если рождаемость в популяции превышает смертность, то популяция, как правило, будет расти.

Рассматривая вопрос об оптимальных размерах популяции в данной среде, следует учитывать *поддерживающую емкость* или *кормовую продуктивность среды*. Чем выше поддерживающая емкость, тем больше максимальный размер популяции, который может существовать неопределенно долгое время в данном местообитании. Дальнейшему росту популяции будут препятствовать один или несколько лимитирующих факторов, которые зависят от доступности ресурсов для данного вида.

При благоприятных условиях среды (погодные условия, наличие пищи и отсутствие хищников) возможен быстрый, экспоненциальный рост популяций, что может привести к так называемому *популяционному взрыву*. Популяция внезапно выходит за пределы поддерживающей емкости среды (*J*-образная кривая роста). Эту величину обозначают символом *K*, который можно использовать также для обозначения максимальных размеров стабильной популяции в данных условиях. Следует отметить, что повышение плотности популяции сверх оптимальной оказывает на неё неблагоприятное воздействие, так как при этом иссякает кормовая база, сокращается жизненное пространство и т.д.

В естественных условиях вероятность того, что все факторы окажутся благоприятными для популяции, очень низка. Как правило, один или несколько абиотических (неоптимальная температура, кислотность, соленость, повышенная или пониженная влажность) и биотических (присутствие хищников, паразитов, болезнетворных организмов, нехватка пищи) факторов становятся *лимитирующими*. Сочетание данных лимитирующих (ограничивающих) факторов называют *сопротивлением среды* (рисунок 1).

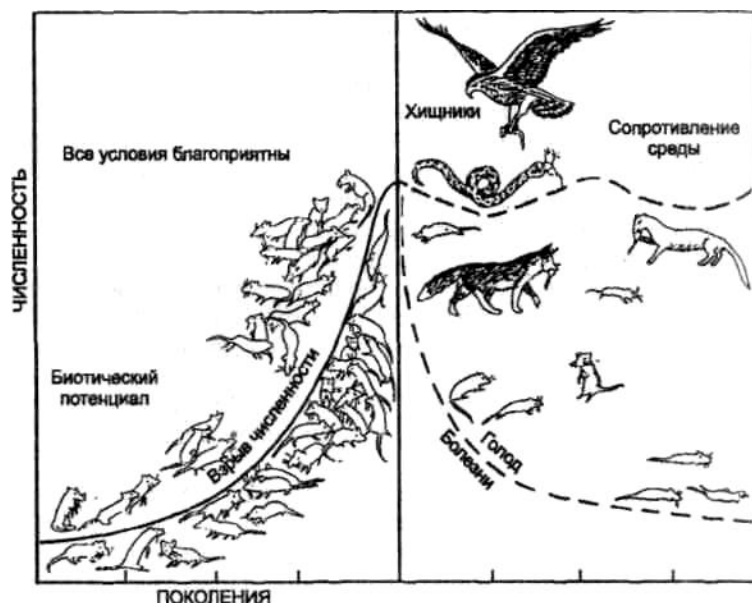


Рисунок 1 – Сопротивление среды (по Б. Небелу, 1993)

Сопротивление среды сильнее всего действует на молодых особей, больше других страдающих от нападения хищников, болезней, недостатка воды и пищи или других неблагоприятных условий.

При отсутствии сопротивления среды наблюдается экспоненциальный рост популяции, так как прирост числа особей пропорционален уже имеющемуся их числу (рисунок 2 а).

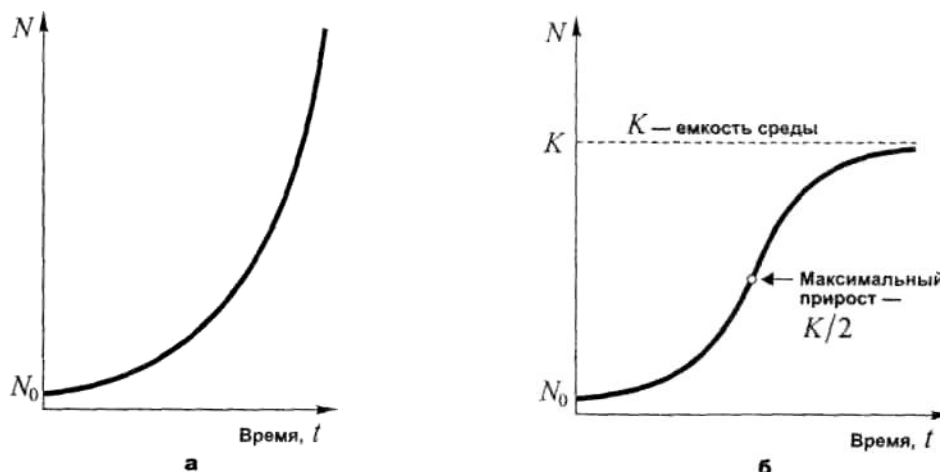


Рисунок 2 – Кривые роста численности популяций: а – экспоненциальная кривая роста при идеальных условиях среды; б – логистическая кривая роста в реальных естественных условиях при емкости среды, равной K [1]

Это выражается дифференциальным уравнением:

$$\frac{dN}{dt} = rN_0 \quad (1)$$

где r – биотический, или репродуктивный потенциал – совокупность всех факторов, способствующих увеличению численности популяции, N_0 – исходная численность.

Поэтому после достижения предела K наступает массовая гибель особей, возвращающая численность к исходному значению.

Наиболее близко естественный рост численности отражает логистическая модель роста популяции, в которой изменения численности во времени выражаются *S*-образной кривой.

В природных условиях рост популяции рано или поздно прекращается из-за сопротивления среды, которое тем больше, чем больше численность популяции. Поэтому реальная кривая роста принимает сигмовидную форму (рисунок 2 б), подчиняясь зависимости:

$$\frac{dN}{dt} = rN_0 \left(\frac{K - N}{K} \right) \quad (2)$$

Численность стабилизируется, и в этом случае ее динамика будет характеризоваться так называемой логистической (*S*-образной) кривой, а рост численности, соответствующий уравнению, – логистическим ростом. Максимальная скорость роста достигается, когда численность равна $K/2$.

Сигмоидная и *J*-образная кривые — это две модели роста популяции. Здесь предполагается, что все организмы сходны между собой, имеют равную способность к размножению и равную вероятность гибели, следовательно скорость роста популяции в экспоненциальной фазе зависит только от ее численности и не ограничена условиями среды, которые остаются постоянными.

Вымирание видов и популяционные взрывы особенно часто наблюдаются в природе при вмешательстве человека. Причем если взрывы численности носят временный характер, то, как подчеркивает известный лозунг Международного фонда любителей диких животных, «вымирание - это навсегда».

В природе численность популяций испытывает колебания. В связи с размерами ареала популяций может значительно изменяться и численность ее особей. Так, у насекомых и мелких растений открытых пространств численность особей в отдельных популяциях может достигать сотен тысяч и миллионов особей. И, напротив, популяции других животных и растений могут быть и сравнительно небольшими по численности.

В связи с тем, что любая популяция обладает строго определенной генетической, фенотипической, половозрастной и другими структурами, она не может состоять из меньшего числа индивидов, чем это необходимо для обеспечения стабильной реализации структуры и устойчивости популяции к факторам внешней среды.

В этом и состоит *принцип минимального размера популяций*. Минимальная численность популяций, обеспечивающая существование вида, является специфической для разных видов. Выход за пределы минимума грозит для популяции гибелью. Дальнейшее сокращение, например, тигра на Дальнем Востоке неизбежно приведет к их автоматическому вымиранию из-за того, что оставшиеся единицы, не находя с достаточной частотой партнеров для размножения, вымрут на протяжении немногих поколений. В таком же

положении могут оказаться и редкие растения, такие, как орхидея, «венерин башмачок» и др.

Поддержание определенной численности или равновесное состояние получило название *гомеостаза популяции*. Рост, снижение или постоянство численности популяции зависит от соотношения между биотическим потенциалом (прибавлением особей) и сопротивлением среды (гибелью особей).

Таким образом, *принцип изменения популяций* можно сформулировать следующим образом: *изменение популяции какого-либо вида – это результат нарушения равновесия между ее биотическим потенциалом и сопротивлением окружающей среды*. Данное равновесие называют *динамическим*, или непрерывно регулирующимся, так как факторы сопротивления среды редко остаются неизменными в течение длительного времени. В один год популяция может значительно снизить свою численность из-за засухи, а в последующий, с нормальным увлажнением, полностью восстановить ее [4].

1.5 Охрана естественной биоты и экосистем

Особая ценность естественной биоты в том, что она представляет собой возобновляемый ресурс, т.е. может бесконечно долго восстанавливаться и пополнять свои запасы, несмотря на изъятие некоторого их количества. Каждый вид обладает биотическим потенциалом, т.е. способен повышать свою численность. В сбалансированной экосистеме избыточное число особей становится жертвой паразитов, хищников и других факторов сопротивления среды. Трудно возражать против таких видов человеческой деятельности, при которых используется некая доля именно этого избытка. Например, отстрел диких растительноядных животных иногда необходим для избежания перевыпаса. Однако трагедия заключается в том, что многие охотники, рыболовы, лесорубы не ограничиваются этим избытком и сокращают популяцию, что в конечном итоге может привести к вымиранию вида.

Следовательно, охрана естественной биоты не означает полного отрицания ее использования, хотя для некоторых видов от него следует временно отказаться для восстановления ее численности. Цель охраны природы – планирование или регуляция использования, которое не должно превышать способности данного вида или системы к возобновлению.

Уровень устойчивого использования вида или системы, не подрывающий их способности к возобновлению, называют *максимальной устойчивой эксплуатацией*. Кроме того, это понятие применимо не только к сохранению естественной биоты, но и к поддержанию рекреационной ценности парков, чистоты воздуха, количества и качества воды, почв и, биосферы в целом. Эксплуатация означает рубку леса, охоту, рыбную ловлю, посещения парка, выбросы загрязнителей в воздух или воду.

Природные системы могут выдерживать известную степень эксплуатации (даже принципиально вредной, если речь идет о загрязнении), сохраняя жизнеспособность. Однако существует некий предел, после которого усиление использования нарушает способность систем к возобновлению. Это и есть

максимальный уровень устойчивой эксплуатации, который они могут выдержать неопределенно долго, не снижая своей продуктивности. Кратковременное превышение этого уровня приведет к продолжительному снижению продуктивности системы (рисунок 3).

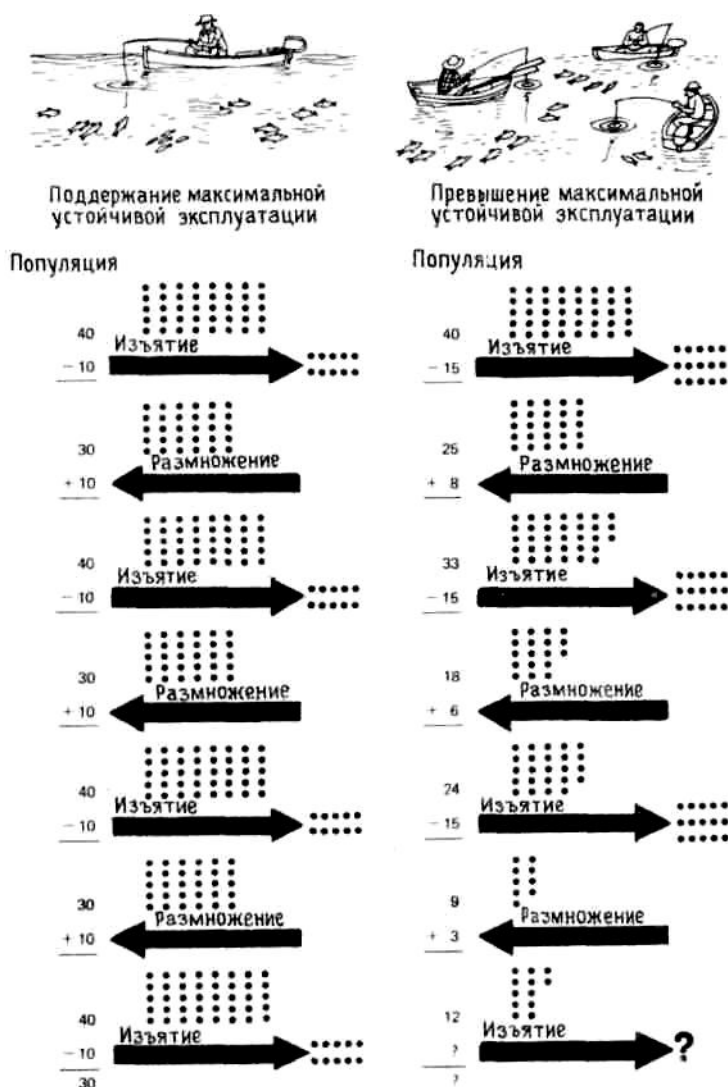


Рисунок 3 – Возможность устойчивой эксплуатации биологических ресурсов и продуктивность системы (по Б. Небелу, 1993)

Концепция максимальной устойчивой эксплуатации достаточно ясна в теории, однако гораздо труднее установить искомый уровень использования на практике. Важную роль в его определении играет понятие *емкости среды*, т.е. *максимальной популяции данного вида, которая может существовать в данной экосистеме*. Если популяция намного меньше емкости среды, то, дав ей возможность увеличить численность, мы получим больше размножающихся особей, а значит, и рост уровня устойчивой эксплуатации [3].

Однако, по мере приближения размеров популяции к емкости среды новым особям приходится вступать во все более острую конкуренцию за пищу и жизненное пространство с уже присутствующими сородичами. В результате пополнение может резко сократиться. Если популяция достигла емкости среды

или приближается к ней, уровень устойчивой эксплуатации можно повысить, уменьшив плотность популяции, чтобы ослабить конкуренцию и добиться оптимальных скоростей роста и размножения. Таким образом, максимальная устойчивая эксплуатация достигается не при максимальной, а при оптимальной численности популяции (рисунок 4).



Рисунок 4 – Зависимость максимальной устойчивой эксплуатации от численности популяции (по Б. Небелу, 1993)

Доля популяции, которая может изыматься каждый год без истощения запасов, зависит от способности к возобновлению, которая в свою очередь определяется многими другими взаимосвязанными факторами (рисунок 5).

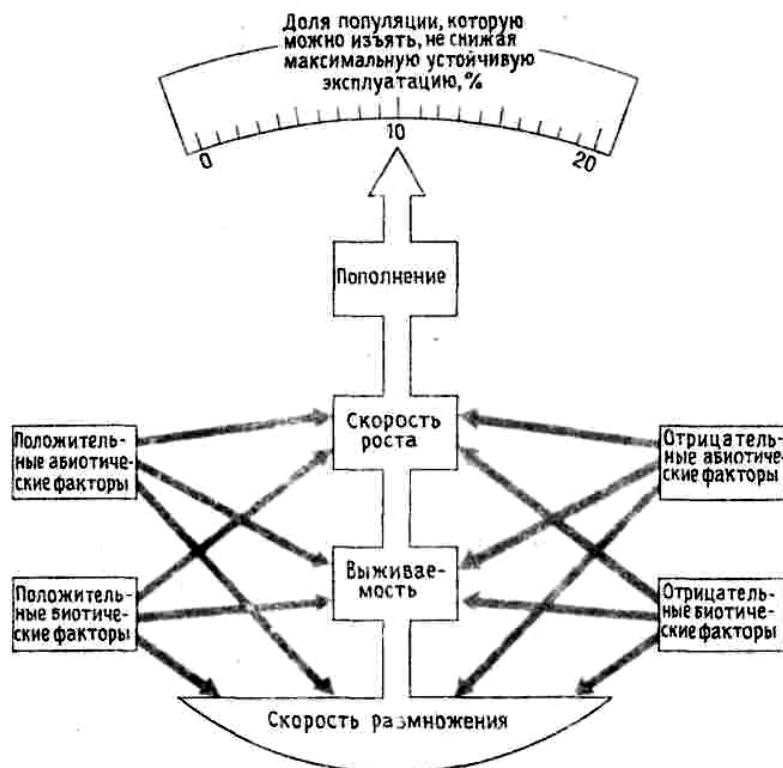


Рисунок 5 – Доля популяции, которая может изыматься каждый год без истощения запасов (по Б. Небелу, 1993)

Итак, мы закончили обсуждение основных закономерностей развития популяций и переходим к краткому рассмотрению справочного материала для участников игры.

2 Деловая игра «Рыболовство»

Целью игры «Рыболовство» является формирование знаний о динамике исчерпаемых возобновляемых природных ресурсов и, в частности, рыбных ресурсов, и изучение вопросов их рационального (разумного) использования на базе эколого-экономического подхода.

2.1 Учебно-методическое обеспечение деловой игры

- 1 Методические указания «Исследование и регулирование возобновляемых природных ресурсов».
- 2 Бланки листов решений.
- 3 Бланки листов ведущего.
- 4 Расчетная программа на ПЭВМ.

2.2 Порядок проведения игры

В игре «Рыболовство» участвуют рыболовные компании некоей страны. Участники распоряжаются рыболовным флотом своей компании и принимают решения о его использовании в соответствии с принятой стратегией, направленной на получение максимальной прибыли.

Цель каждой команды – получение максимального состояния, которое складывается из имеющегося счета в банке и стоимости судов на последний год игры по расценкам сдачи судов на металлолом.

Начальное состояние игры, ресурсы и ограничения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Состояние системы на начало игры

Параметр	Состояние
Рыбное стадо	Общее число рыб, обитающих в каждой из зон. Изначально оно равно 2500 рыбам в дальней зоне и 1200 – в ближней
Общий улов	Число рыб, выловленных всеми командами
Улов на корабль	Число рыб, вылавливаемых каждым кораблем. Обычно, до начала истощения рыбных запасов, оно равно 25 в дальней зоне и 15 в ближней
Прирост рыбы	Число рыб, появившихся в прошлом году. До тех пор, пока прирост рыбы будет превышать улов, размеры рыбного стада будут расти
Плотность	Число рыб, приходящихся на единицу площади рыболовной зоны. Обычно она равна 40. Если плотность падает ниже 25, то это свидетельствует о серьезном подрыве рыбных запасов
Погода	Погодный коэффициент влияет на улов. Этот коэффициент может меняться от 0,8 до 1,2. В обеих зонах погодные условия всегда будут одинаковы
Положение команд	Состояние каждой команды равно ее банковскому счету плюс 250 \$ остаточной стоимости за каждый ее корабль
Индексы	Каждый индекс меняется от 0 до 10. При этом 0 соответствует нулевому значению параметра, а 10 – максимально возможному в игре
«Индекс кораблей»	Общий размер флота. Если флот всех команд насчитывает 24 корабля, этот индекс будет равен 2. Индекс 10 соответствует 120 кораблям
«Индекс вылова»	Общий вылов всеми командами в обеих зонах. Обычно начальное значение вылова всех команд равно 600, что соответствует индексу 2
«Индекс рыбы»	Общие размеры рыбного стада, обитающего в обеих зонах. Обычно в начале игры оно насчитывают 3700 рыб, что соответствует индексу 8,2. Когда вся рыба будет выловлена, этот индекс упадет до 0

Перед началом игры все компании (их должно быть 3-6) имеют одинаковый начальный флот, одинаковый начальный счет в банке.

2.3 Инструкции по игре

Участники игры ежегодно определяют размеры своего рыболовного флота, решая, стоит ли покупать дополнительные корабли на аукционе или у других компаний, продавать ли часть своих кораблей другим компаниям, заказывать ли новые корабли на верфи или же оставлять флот в прежнем размере. Затем компания принимает решение о распределении имеющихся кораблей между двумя зонами рыболовства (дальней и ближней) и гаванью. При этом действия будут более успешны, если они будут опираться на продуманную долговременную стратегию. Компаниям разрешается наблюдать за действиями друг друга, внося согласно этим наблюдениям те или иные коррективы в свою стратегию.

Стратегия рыболовной компании должна определять:

- количество судов, их покупку или продажу, участие в аукционе судов, заказ новых судов;
- размещение судов в рыболовных зонах или гавани.

Наиболее удачной является стратегия, основанная на долгосрочном подходе. Порядок формирования доходов, расходов и прибыли, а также размеров флота и его размещения по рыболовным зонам показан на рисунке 6.

Счет в банке. Для определения размера счета в банке в течение года необходимо знать последовательность банковских операций при зачислении доходов и оплате расходов компании.

Доходы. Деньги поступают:

- от продажи улова по твердой цене 20\$ за одну рыбу;
- от продажи своих судов другим компаниям по договорной цене;
- от банковского процента (10% от размера текущего счета за хранение денег в течение одного года);
- от продажи своих судов на металлолом в год окончания игры по цене 250\$ за судно.

Расходы. Деньги расходуются:

- на покупку судов на аукционе;
- на покупку кораблей у других компаний по договорной цене;
- на оплату строительства новых судов по цене 300\$ за судно;
- на выплату 15% в год за взятые в банке кредиты, если размер Вашего минимального банковского счета меньше 0;
- на содержание судов в одной из двух рыболовных зон или в гавани.

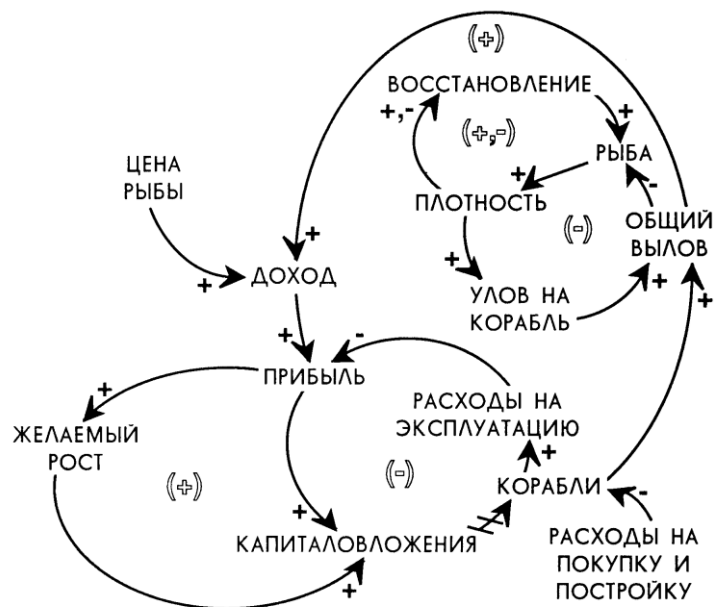


Рисунок 6 – Диаграмма причинно-следственных отношений модели игры «Рыболовство»

Примечания

- 1 Знак + около конца стрелки показывает, что увеличение (или уменьшение) одного из параметров вызывает соответственное увеличение (или уменьшение) другого параметра.
- 2 Знак - около конца стрелки показывает, что увеличение одного параметра ведет к уменьшению другого параметра (и наоборот).
- 3 Знак (+, -) около конца стрелки показывает, что в зависимости от условий изменение параметров может идти как по типу положительной обратной связи, так и отрицательной.
- 4 Знак (+) показывает, что данный цикл имеет положительную обратную связь (нередко наличие такого цикла ведет к разрушению системы).
- 5 Знак (-) показывает, что данный цикл имеет отрицательную обратную связь (такие связи играют важную роль в саморегуляции систем).
- 6 Знак (+, -) показывает, что в зависимости от условий цикл может себя вести как по типу положительной обратной связи, так и отрицательной.
- 7 Перечеркнутая двумя чертами стрелка ∇ обозначает задержку во времени изменения одного параметра относительно другого.

В начале каждого игрового периода (года) компания имеет счет, накопившийся за предыдущие годы. При покупке судов на аукционе или у других компаний их стоимость вычитается. Затем вычитается стоимость содержания судов в рыболовных зонах. Вычисляется улов и поступает выручка от его продажи. В зависимости от размера счета компании к нему прибавляется 10% от него, если он положительный, или вычитается 15%, если он отрицательный. После этого вычитается стоимость заказа на строительство новых судов. Окончательная сумма счета компании в банке является исходной для будущего года.

По условиям, компании играют в течение 10 лет. В игре побеждает компания с наибольшим состоянием (счетом в банке) в конце игры.

Компании изменяют размеры своего флота за счет покупки судов на аукционе, купли-продажи судов между компаниями, строительства новых судов.

Аукцион. На аукционе суда продаются оптом только одному покупателю, назначившему максимальную цену. Купленные суда можно посылать на ловлю уже в текущем году. Хотя купить суда может одновременно только одна компания, другие могут договориться с ней о том, что затем разделят между собой эти суда по договорной цене.

Купля-продажа. Во время купли-продажи все компании могут продавать и покупать друг у друга суда по договорной цене. Можно приобретать суда в аренду по предварительной договоренности путем покупки судов в текущем году с возвратом в будущем году по более дешевой цене. Приобретенные таким образом суда могут быть посланы на ловлю уже в текущем году.

Строительство новых судов. Каждый год судостроительная верфь принимает заказы на строительство новых судов по фиксированной цене 300\$ за судно. Оплата производится в конце года. Строительство судна занимает один год, поэтому заказанное судно может быть отправлено на ловлю рыбы только на следующий год.

Сдача кораблей на металлолом. В конце 10-го года все корабли автоматически продаются на металлолом по фиксированной цене, равной 250\$ за судно.

Рыболовные зоны. Имеются две рыболовные зоны: дальняя глубоководная зона 1 и ближняя прибрежная зона 2. По оценкам биологов в зоне 1 в нормальных условиях может быть от 2000 до 4000 рыб, а в зоне 2 – от 1000 до 2000 рыб. Средний годовой улов в дальней зоне равен 25 рыбам на корабль, а в ближней – 15. Однако, в дальней зоне расходы на содержание одного корабля равны 250\$ в год, а в ближней – всего 150\$. Расходы на содержание кораблей стабильны, тогда как величина улова на корабль может меняться. Затраты на содержание судов в гавани составляют 50\$.

Улов. Величина улова зависит от количества судов, выбранной рыболовной зоны, рыболовной эффективности судна, которая зависит от плотности популяции рыбы и от погодных условий.

При хорошей погоде улов может возрасти на 20%, а при плохой погоде – снизиться на 20%.

Общее число судов в зоне не влияет ни на нормальный улов, ни на эффективность судна. Другими словами, скученность судов игнорируется. Однако если в одной зоне располагается много судов, отлов рыбы может уменьшить ее численность, а значит и улов будущего года.

Динамка численности рыбы. Численность рыбы растет за счет естественного воспроизводства, а снижается вследствие смертности и отлова. Рождаемость и продолжительность жизни рыбы зависят от плотности ее популяции.

2.4 Последовательность этапов одного цикла игры

- Получите распечатки ЭВМ и впишите данные в листы принятия решений.
- Заберите суда из рыболовных зон и гавани, получите новые суда и недостающие деньги.
- Участвуйте в аукционе судов. Если вы купили суда на аукционе, заполните соответствующие графы листа решений.
- Покупайте или продавайте суда. Обсудите куплю-продажу судов с другими компаниями и заполните соответствующие графы листа решений.
- Закажите новые суда (их получите на следующий год) и запишите их в листе решений.
- Запишите полное количество судов. Вычислите новую величину полного количества судов, имеющихся у компании в настоящее время, и запишите в листе решений.
- Разместите суда в рыболовных зонах и гавани.
- Сдайте лист решений. Пока оператор готовит информацию для будущего года, обсудите в своей компании стратегию на будущее.

Обсуждение результатов

После окончания игры участникам необходимо:

- построить графики изменения численности и плотности популяции, воспроизводства рыбы в зонах 1 и 2, график поведения системы, а также общего улова и количества судов у компаний в течение всего игрового периода (рисунок 7);
- объяснить основные причинно-следственные связи, механизмы действия информационных обратных связей, характерных для трех основных взаимодействующих подсистем данной модели (корабли, рыба, вылов);
- выработать совместно с остальными компаниями рекомендации по управлению численностью популяции рыбы и обсудить возможности их применения в реальной жизни.

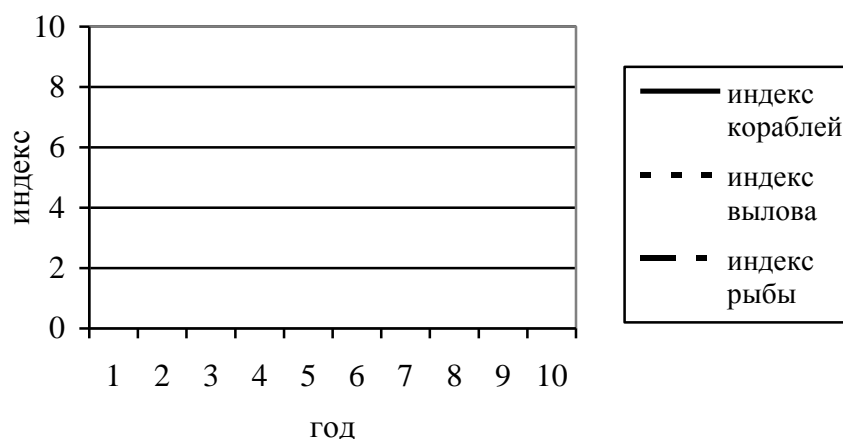


Рисунок 7 – График поведения системы

Контрольные вопросы

- 1 Что такое природные ресурсы?
- 2 Как классифицируются природные ресурсы? К какому типу относятся рыбные ресурсы?
- 3 В чем состоит основной принцип рационального использования природных ресурсов?
- 4 Что такое экологический кризис?
- 5 В чём сущность экологического равновесия?
- 6 Что такое популяция?
- 7 Что такое максимальный уровень устойчивой эксплуатации?
- 8 При какой численности популяции достигается максимальная устойчивая эксплуатация?
- 9 Что такое критическая плотность популяции?
- 10 К каким последствиям для природной среды приводит нерегулируемый промысел?
- 11 Объясните механизм действия положительных и отрицательных обратных связей в экосистемах. Приведите примеры.
- 12 Какой лимитирующий фактор определяет отрицательную обратную связь, регулирующую общий улов рыболовных компаний?
- 13 Почему толерантность популяции к факторам среды значительно шире, чем у особи, и каково экологическое значение этого явления?
- 14 Каковы экологические причины, вызывающие рост численности популяции по экспоненциальной и логистической кривой?
- 15 В чём суть экологической стратегии выживания?
- 16 Какие экологические факторы вызывают саморегуляцию плотности популяции?
- 17 Определите тип динамики популяции рыбы, который получен в ходе игры.
- 18 Какой тип динамики популяции рыбы наиболее выгоден с точки зрения хозяйственной деятельности человека?

Список литературы

- 1 Акимова, Т.А. Экология. Природа–человек–техника: учебник / Акимова Т.А., Кузьмин А.П., Хаскин В.В; под общ. ред. А.П. Кузьмина. – М.: ЗАО «Экономика», 2007. – 510 с.
- 2 Стадницкий, Г.В. Экология / Г.В. Стадницкий, А.И. Родионов. – СПб: Химия, 1996. – 240 с.
- 3 Небел, Б. Наука об окружающей среде: Как устроен мир / Б. Небел. – М.: Мир, 1993. – Т. 1 – 424 с., Т. 2 – 336 с.
- 4 Степановских, А.С. Экология: учебник для вузов / А.С. Степановских. – М.: Юнити-Дана, 2001. – 703 с.
- 5 Бродский, А.К. Введение в проблемы биоразнообразия. Иллюстрированный справочник / А.К. Бродский. – СПб.: Изд-во С.-Петербургского ун-та, 2002. – 144 с.
- 6 Масленникова, И.С. Управление экологической безопасностью и рациональным использованием природных ресурсов: учеб. пособие / И.С. Масленникова, В.В. Горбунова. – СПб.: СПбГИЭУ, 2007. – 497 с.
- 7 Батенков, В.А. Охрана биосферы: учебно-методическое пособие / В.А. Батенков. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2002. – 193 с.

Содержание

Введение	3
1 Теоретическая часть	4
1.1 Принцип системной динамики при исследовании экологических систем..	4
1.2 Проблема исчерпаемости природных ресурсов и рационального природопользования	6
1.3 Равновесие экосистем – это равновесие популяций	7
1.4 Механизмы и типы динамики популяций. Колебания численности и гомеостаз популяций.....	8
1.5 Охрана естественной биоты и экосистем.....	11
2 Деловая игра «Рыболовство»	14
2.1 Учебно-методическое обеспечение деловой игры.....	14
2.2 Порядок проведения игры	14
2.3 Инструкции по игре.....	15
2.4 Последовательность этапов одного цикла игры.....	18
Обсуждение результатов	18
Контрольные вопросы.....	19
Список литературы.....	20

Коновалов Максим Николаевич

Исследование и регулирование возобновляемых природных ресурсов

Методические указания к выполнению
лабораторной работы для студентов специальностей:
080105, 080109, 080111, 080115, 080301, 080502, 080504, 031001, 030601,
140211, 150202, 151001, 151002, 200503, 220301, 190201, 190202, 190601,
190603, 190702, 260601, 050501, 090105, 230105, 280101

Редактор Н.А. Леготина

Подписано к печати	Формат 60x84 1/16	Бумага тип. № 1
Печать трафаретная	Усл. печ. л. 1,5	Уч. - изд. л. 1,5
Заказ	Тираж: 100 экз.	Цена свободная

Редакционно-издательский центр КГУ
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25
Курганский государственный университет
