*Каблов В.Ф.*

*Из книги «Волго-Ахтубинская пойма. Экологическая ситуация: проблемы и решения по ее улучшению»*

*Дата размещения на сайте* [*www.literatura.kg*](http://www.literatura.kg)*: 8 апреля 2020 года*

**Глава 3. МЫСЛИТЬ ГЛОБАЛЬНО, ДЕЙСТВОВАТЬ ЛОКАЛЬНО**

Все связано со всем.

1 закон экологии Б. Коммонера

Не подлежит сомнению то, что все в природе находится во взаимосвязи, на этом основано ее существование.

Фома Аквинский (1225 – 1274)  
«Сумма теологии»

**3.1. Экологические системы – общий взгляд**

**3.1.1. Моделирование экосистем и их развития**

В конце 60-х – начале 70-х гг. (в разгар нефтяного кризиса) Римский клуб поставил целью исследовать ближайшие и отдаленные последствия крупномасштабных решений, связанных с выбранными человечеством путями развития.

Было предложено использовать системный подход для изучения глобальной проблематики, взяв на вооружение метод математического компьютерного моделирования. Математик и системолог из Массачусетского технологического университета (США) Джей Форрестер (1971) на основе предложенных им же методов системной динамики разработал модели «World-1» и «World-2». Он включил в них в качестве параметров население, производство сельскохозяйственной и промышленной продукции, природные ресурсы и загрязнение окружающей среды, и продемонстрировал членам Римского клуба первые машинные «прогоны» этих моделей [1]. Эксперимент произвел сильное впечатление на членов Римского клуба, и помощнику Форрестера Денису Медоузу было поручено руководство дальнейшей работой. Медоуз возглавил международную группу исследователей, в которую в числе других 17 исследователей вошли основные его соавторы: жена – биофизик и системолог Донелла Медоуз, физик Юрген Рэндерс и инженер Уильям В. Беренс.

Группой Медоуза на основе моделей Форрестера была создана модель «World-3», и результаты исследования были опубликованы в первом докладе Римскому клубу под названием «Пределы роста» (1972), ставшем бестселлером (книга переведена на 28 языков) [2]. Авторы доклада пришли к двум главным выводам:

1. Если современные тенденции увеличения численности населения, индустриализации, загрязнения природной среды, производства продовольствия и истощения ресурсов будут продолжаться, в течение следующего столетия мир подойдет к пределам роста. В результате, скорее всего, произойдет неожиданный и неконтролируемый спад численности населения и резкое снижение объемов производства.

2. Можно изменить тенденции роста и прийти к устойчивой в долгосрочной перспективе экономической и экологической стабильности. Состояние глобального равновесия можно установить на уровне, который позволяет удовлетворить основные материальные нужды каждого человека и дает каждому человеку равные возможности реализации личного потенциала.

В этой модели Д. Медоуза с соавторами интересовали только качественные характеристики поведения системы «население – капитал». Поскольку авторов интересовали только самые общие характеристики поведения системы, модель мира не нуждалась в тщательной детализации. Они рассматривали показатель «обобщенного населения», статистически отражающий средние характеристики населения земного шара. Для модели взяли только один класс загрязняющих веществ – семейство долгоживущих широко распространенных на Земле элементов и соединений, таких как тяжелые металлы, асбест, пестициды и радиоизотопы. И ввели в модель «обобщенные ресурсы» – величину, отражающую общие запасы всех невозобновимых ресурсов.

На этом этапе был необходим высокий уровень агрегации, чтобы модель оставалась обозримой. В то же время это накладывало и ограничения на прогнозы и их интерпретацию.

Все оценки в модели (численность населения, объем капитала, уровень загрязнения среды и пр.) отсчитывались от значений 1900 года. С 1900 по 1970 годы все переменные, в общем, соответствовали действительным значениям. Численность населения, составлявшая в 1900 г. 1,6 млрд. человек, выросла к 1970 г. до 3,5 млрд. Объем производства промышленной продукции, продуктов питания и услуг на душу населения рос по экспоненте. Запасы ресурсов в 1970 г. составляли почти 95 % от значения 1900 г., но начинали угрожающе сокращаться, поскольку продолжался рост численности населения и объема промышленного производства.

Все составляющие описываемого исследования: численность населения, производство продовольствия, загрязнение природной среды, расход невозобновимых ресурсов, объем промышленного производства (объем капитала) – модельно растут. И естественно, ни один из пяти исследуемых факторов нельзя назвать независимым: численность населения не может увеличиваться, если нет продуктов питания, производство продуктов питания растет с ростом капитала, рост капитала требует ресурсов, отработанные ресурсы увеличивают загрязнение, загрязнение среды влияет на рост численности населения и производство продовольствия и т.д. Кроме того, каждый из этих факторов через некоторое время начинает испытывать воздействие обратных связей. Каждый год они увеличиваются в соответствии с экспоненциальным ростом, а так как такой рост – явление динамическое, то характеристики – показатели в этом процессе изменяются со временем. Когда множество различных показателей в системе растет одновременно, и все они находятся в сложной взаимосвязи, анализ причин роста и будущего поведения системы становится очень сложным. Таким образом, традиционная «прямая экстраполяция» в такой сугубо нелинейной многофакторной модели «не проходит»; и все полученные группой Медоуза результаты и выводы основаны на модельных расчетах. При этом авторы просчитывали различные сценарии изменения и начальных условий, и поведения самих характеристик (например, удвоение по сравнению с 1900 г. запасов природных ресурсов, снижение с 1975 г. уровня загрязнения от всех источников в 4 раза, увеличение средней урожайности с 1 га во всем мире вдвое, ограничение с 1975 г. всеми странами рождаемости и прочее). Но все эти сценарии в результате все равно приводили к пределам роста около 2100 года. Эти знаменитые графики приведены на рисунке 3.1.

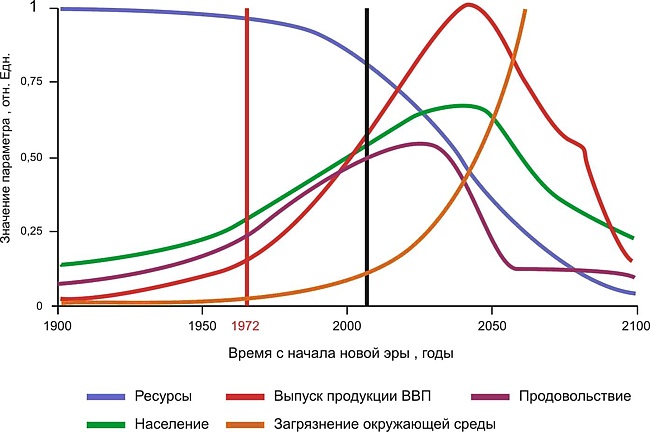


Рис. 3.1. *Результаты построения модели «World-3», показывающей «пределы роста»*

Все эти результаты породили тревогу, книга сразу стала бестселлером, вызвала бурные дебаты. Но надо отдать должное членам Римского клуба, которые понимали достоинства и недостатки такого модельного подхода к анализу столь сложной системы: «Действительность слишком важна, чтобы наш разум мог охватить всю ее целиком; а модели были и остаются компромиссом, который позволяет синтезировать реальность, одновременно расширяя возможности нашего разума с тем, чтобы он мог эту реальность вместить. Они могут быть хорошими и не очень хорошими в зависимости от того, насколько хорошо синтезируют действительность; но ни одна модель – ни мысленная, ни формальная – не может быть одинаково справедливой ко всем ее элементам» [3].

«Процесс пошел», разработка глобальных моделей получила развитие и вне Римского клуба. В середине 70-х гг. уже активно функционировал Международный институт прикладного системного анализа в Лаксенбурге близ Вены (Австрия), который, в отличие от Римского клуба, был постоянно действующей научно-исследовательской организацией. В Вычислительном центре АН СССР под руководством Н. Н. Моисеева в 70-х годах началось комплексное изучение биосферы с помощью моделей, объединенных в единую вычислительную систему «Гея» (Крапивин и др., 1982; Моисеев и др., 1985).

В 1992 году была опубликована новая книга Донеллы и Дениса Медоузов и Юргена Рэндерса «За пределами роста», которая уже не спонсировалась Римским клубом [4]. «Модельная идеология» работы осталась прежней (новая модель стала учитывать некоторые региональные особенности в использовании ресурсов, роста численности населения и пр.), а вот ее выводы представляются более серьезными: теперь ограничениями роста становится не только исчерпание невозобновимых ресурсов, но и нарастающий процесс загрязнения окружающей среды.

«Рецепты» выхода из сложившейся ситуации были примерно те же, что и в работе 20-летней давности: реформы (самоограничения или просто ограничения) в системе материального потребления населения и быстрый и решительный скачок в эффективности использования ресурсов и энергии.

Наконец, чуть более чем через 10 лет выходит следующая работа этих же авторов – книга «Пределы роста: 30 лет спустя» [5]. В ней нашли свое отражение результаты дальнейших исследований авторов и анализ произошедших изменений в области защиты окружающей среды, экономики, социальной психологии за 30 лет после выхода в 1972 году «Пределов роста». «Мир никогда не сможет уменьшить экологическую нагрузку до устойчивого уровня, если эти попытки не будут основаны на глобальном партнерстве. Катастрофа неизбежна, если люди не научатся относиться к себе и другим как к частичкам единой глобальной системы».

Варианты сценария развития мировой глобальной системы по Медоузу показывают, что произойдет с миром, если человечество будет вести себя «как всегда». Те точки, которые характеризуют развитие событий с 1970 по 2010 годы, свидетельствуют, что сценарий, к сожалению, реализуется. Ученые показали, что произойдет с цивилизацией, если сохранятся тенденции роста численности населения, масштабов промышленного и сельскохозяйственного производства, нерационального использования невозобновляемых природных ресурсов и загрязнения окружающей природной среды.

Медоуз обратил внимание на то, что широко распространенный сегодня термин «глобальное потепление» является абсолютно неверным. Конечно, в большинстве случаев климатические метаморфозы связаны с повышением температуры, но в некоторых районах происходит и обратный процесс. Поэтому правильнее называть происходящее «глобальным изменением климата». И явление это очень непростое: негативное воздействие на окружающую среду и отклик на него отстают друг от друга во времени.

Воздействие изменений климата на наш мир выходит за рамки экологии. Дайер приводит четыре важных вывода, к которым он пришел, изучая климатические проблемы:

- Изменения климата надвигаются на нас куда быстрее, чем полагает общественность.

- Необходимо полностью вывести из употребления углеродистые вещества. Если мы не достигнем нулевого уровня выделения парниковых газов к 2050 году (причем 80-процентного его сокращения желательно добиться уже к 2030 г.), то вторая половина ХХI столетия станет периодом, в котором вам бы точно не хотелось жить.

- Предположение о том, что мы все-таки уложимся в эти сроки – неправдоподобно. Нам потребуются геоинженерные решения, способные сдержать подъем температуры на период, пока мы будем работать над снижением уровня выделений.

- С каждым градусом, на который будет возрастать средняя глобальная температура, будут увеличиваться и массовые беспорядки, количество переворотов и, вполне вероятно – гражданских и межгосударственных войн. А войны, при достижении определенного масштаба, положат конец мировому сотрудничеству, которое является единственным способом остановить рост температуры [6].

Необходимо уменьшить антропогенное воздействие на биосферу, снизить потоки энергии и вещества, которые проходят через земные экосистемы и губят их. Пока человечество не приступит к осознанным действиям, оно будет стремительно катиться в бездну деградации окружающей среды, ухудшения качества почв и, как следствие, продуктов питания, развития болезней, сокращения продолжительности полноценной жизни.

Мир стал намного более уязвимым к различным внешним потрясениям. Пример – ситуация в Японии. Произошла авария на Фукусиме, и выяснилось, что сверхэффективная производственная система в экономическом отношении крайне уязвима к внезапным потрясениям; и многие ее ключевые элементы полностью прекращают работать в таких экстремальных условиях. Здесь отчетливо проявляется внутреннее противоречие между стремлением к максимальной экономической эффективности и степенью выносливости в случае внешних потрясений.

Главная проблема, как считает Медоуз, заключается в том, что высокая эффективность дает нам прибыль в краткосрочной перспективе. А устойчивость к внешним потрясениям, стабильность в более долгосрочной перспективе требуют затрат. Большинство людей не хотят тратить деньги на те направления, которые не дают быстрого возврата инвестиций.

Авторы книги «Пределы роста: 30 лет спустя» приходят к выводу, что уже в первой половине текущего столетия существующие социально-экономические и политические тенденции приведут к разрушению основ индустриального общества, если не будут проведены значительные изменения. Глобальные проблемы – изменение климата, истощение нефтяных запасов, деградация сельскохозяйственных угодий, дефицит пресной воды – уже проявились либо проявятся в ближайшие десятилетия [7].

В последние годы появились новые количественные показатели выхода системы за пределы. Так, М. Вакернагель с сотрудниками ввели оценку нагрузки на окружающую среду со стороны человека – экологический след (ЭС) – и сравнили его с поддерживающей способностью планеты. Экологический след – это земельная территория, необходимая для получения нужных ресурсов (зерна, продовольствия, древесины, рыбы, площадей под городскую застройку и т.п.) и «переработки» выбросов, производимых мировым сообществом (прежде всего, диоксида углерода). Сравнив полученные значения с территориями, доступными на планете, Вакернагель заключил, что человечество уже расходует примерно на 20 % больше, чем допускает уровень самоподдерживания. Чтобы уменьшить экологический след и вернуться к допустимому уровню, необходимо изменить личностные ценности и общественные устремления. Необходимо изменение и технологий, и поведения людей, и планирование в долговременной перспективе. Но реальной поддержки этой позиции нет как со стороны политических партий, так и со стороны промышленно развитых стран. Поэтому глобальный экологический след становится больше с каждым днем [5].

**3.1.2. «Концепция экологической этики» Н.Н. Моисеева**

Проблема выживания человеческой цивилизации начинает все острее звучать в научных, политических, экономических кругах. Тому есть реальные эмпирические доказательства: истощение невосполнимых минеральных ресурсов; катастрофическое уменьшение площади озонового слоя, защищающего планету от губительного ультрафиолетового излучения; уменьшение биотического разнообразия на планете; глобальное потепление климата; огромные арсеналы атомного оружия, способного уничтожить не только человечество, но и всю биосферу. Иными словами, пользуясь языком синергетики, человек и биосфера приближаются к бифуркационной точке, при достижении которой последуют необратимые изменения в системе наподобие тех, что имели место 60 миллионов лет назад на закате эпохи динозавров.

Один из основных тезисов, который отстаивает Никита Моисеев, – это тезис о «Единстве человека и биосферы».

Эволюцию биосферы (как любой эволюционный процесс) характеризуют три основных принципа: изменчивость, наследственность и отбор.

*Изменчивость.* «Этим словом закодировано множество разнообразнейших явлений, создающих поле вариантов, необходимых для выбора дальнейшего продолжения процесса эволюции системы» [8].

*Наследственность.* «Оно означает лишь то, что настоящее и будущее любой подсистемы, т.е. любого элемента Универсума, не определяется, а зависит от прошлого» [8].

*Отбор.* «Это, прежде всего, законы сохранения. Никакой процесс изменения не может идти вопреки закону сохранения движения» [8].

Иными словами, из множества вариантов развития система отбирает тот, диссипативная функция которого минимальна, т. е. требует для своей реализации минимума энергии.

Биосфера – это открытая система, подчиняющаяся принципам самоорганизации и испытывающая на себе влияние внешних и внутренних флюктуаций (случайностей). Именно эти флюктуации запускают бифуркационный механизм, переводящий систему в совершенно новое состояние. В результате этих бифуркаций на Земле появились первые прокариоты, затем эукариоты, сформировался вид Homo Sapiens.

Тезис о «Единстве человека и биосферы» основан на современных эмпирических данных, научных открытиях. Прежде всего, это единый генетический алфавит для всего биотического многообразия планеты. Во-вторых, идентичная структура клеток мозга человека и других высших животных. В-третьих, зачатки интеллекта у человекообразных обезьян, дельфинов. В-четвертых, человек не может существовать вне биологической ниши, которую он занимает. Человек «обречен» жить в биосфере и подчиняться законам её развития.

Техногенная цивилизация Запада, нещадно эксплуатируя природу, заботится лишь о сиюминутной выгоде. Выход из экологического кризиса мыслится через эксплуатацию отстающих стран и использование технологических новшеств. Н. Н. Моисеев настойчиво критикует эгоистические и потребительские наклонности западного человека, доказывая «невозможность преодоления наступающего кризиса чисто техническими средствами» [9].

Н. Моисеев предлагает выход из экологического кризиса через коэволюцию человека и биосферы, вступление человечества в новую эпоху, эпоху Ноосферы.

Анализируя понятие ноосферы, Н. Н. Моисеев склонен считать, что это не новая сфера, сфера Разума, а качественно новая эпоха в развитии планеты, в которой осуществляется коэволюция человека и биосферы. Это «такое развитие человечества, которое не нарушает стабильности биосферы, её гомеостаза, сохраняет необходимый для человечества эволюционный канал» [9].

Сохранение стабильности биосферы должно быть полностью основано на тех научных знаниях, которые были получены в предыдущие столетия. Человек наконец-то должен научиться пользоваться доставшимся ему от Природы Разумом. Поэтому, во-первых, новое человечество должно быть образованным. На мой взгляд, образование не должно ограничиваться средним десятилетним, а расшириться до обязательного высшего, что на данный момент внедряется в Японии.

Экономическая сторона жизни должна регулироваться совершенно новым типом рынка [10]. Рынок, основанный на сиюминутной выгоде, должен отойти в прошлое.

В политической жизни – интеграция наций в мировое сообщество, основанное на осознании единства всего человечества.

Человек не должен ограничиваться возможностями своего индивидуального интеллекта. Человек должен осознать, что его разум – часть Коллективного Разума. Коллективный Разум – это не совокупность индивидуальных интеллектов, это качественно новое образование, достижение которого Н. Н. Моисеев видит через дальнейшее развитие компьютерной техники (глобальная сеть Интернет тому подтверждение).

Эпоха Ноосферы, прежде всего, будет характеризоваться тем, что человечество научится управлять процессами самоорганизации биосферы. Вступление в эпоху Ноосферы, по мнению Н. Н. Моисеева, должно произойти не как бифуркационный скачок, т. к. любой бифуркационный механизм может развиваться в совершенно непредсказуемом направлении и привести в конечном итоге к гибели человечества. Человечество с самого начала должно контролировать этот переход, разрабатывать определенную стратегию, стратегию Разума. «Нужно говорить, что общество способно обеспечить режим коэволюции с биосферой в том случае, если деятельность людей не допустит новой буфуркации, перехода биосферы в новый канал своей эволюции, или, пользуясь языком теории динамических систем, в новый аттрактор» [11]. Разработка стратегии – не дело узкого круга лиц [12].

**3.1.3. Этика ответственности**

Йонас практически не известен в России; между тем это, без сомнения, один из интереснейших философов завершившегося столетия. Ниже приведены отрывки из одной из самых известных книг Г. Йонаса – «Принцип ответственности. Опыт этики для технологической цивилизации» (первоначально вышла на немецком языке, затем в авторском переводе на английском). Вся прежняя этика молчаливо разделяла следующие связанные между собой предпосылки:

1. Человеческое состояние, заданное природой человека и природой вещей, в основных своих чертах остается раз и навсегда незыблемым.

2. Определение человеческого блага оказывается на этом основании делом нетрудным и самоочевидным.

3. «Дальнодействие» человеческой деятельности, а значит, и человеческой ответственности, ограничено узкими пределами.

Все это так, поскольку вплоть до нашей эпохи вмешательство человека в природу – каким оно виделось ему самому – было, по сути, поверхностным и бессильным нарушить ее установленное равновесие. Вглядываясь в прошлое, мы обнаруживаем, что на самом деле оно не было столь уж безобидно.

Ныне все решительным образом переменилось. Современная техника принесла с собой действия столь нового масштаба, распространяющиеся на столь небывалые объекты и влекущие за собой столь небывалые последствия, что рамки прежней этики более не в состоянии их вместить.

На основе реальных последствий выявляется, что природа человеческой деятельности фактически изменилась, и к тому, за что мы обязаны нести ответственность, добавился предмет совершенно нового порядка, не более и не менее как биосфера всей планеты в целом, потому что мы располагаем властью над ней. Природа как предмет человеческой ответственности – это, вне всякого сомнения, нечто новое, относительно чего этическая теория должна еще поразмышлять [13].

**3.1.4. Старые и новые императивы**

1. Кантовский категорический императив гласил: «Действуй так, чтобы ты был в состоянии желать, чтобы твоя максима сделалась всеобщим законом». «Быть в состоянии», к которому апеллирует здесь Кант, относится к разуму и его согласованности с самим собой. Следует обратить внимание на то, что базовое нравственное рассуждение оказывается здесь не нравственным, но логическим: «быть в состоянии желать» или «не быть в состоянии желать» выражает логическую совместимость или же несовместимость, но не нравственное одобрение или отвержение. Однако в представлении, что когда-то человечество прекратит существование, нет никакого противоречия. Так что никакого противоречия нет и в том представлении, что счастье нынешнего и следующего поколений может быть куплено ценой несчастья или даже несуществования последующих поколений, как и в том, что, наоборот, счастье и существование последующих поколений могут быть куплены ценой несчастья, а частью – даже и уничтожения поколения нынешнего. Рассуждая логически, жертва будущим ради настоящего нисколько не уязвимее, чем жертва настоящим ради будущего. Разница лишь в том, что в одном случае последовательность имеет продолжение, в другом – нет.

2. Императив, соответствующий новому характеру человеческой деятельности и адресованный новому ее субъекту, должен звучать приблизительно так: «Действуй так, чтобы последствия твоей деятельности были совместимы с поддержанием подлинно человеческой жизни на Земле», – либо, если превратить суждение в отрицательное: «Действуй так, чтобы последствия твоей деятельности не были разрушительными для будущей возможности такой жизни».

Однако новый императив говорит именно о том, что мы вправе рисковать собственной жизнью, но не жизнью человечества [14].

**3.1.5. Приоритеты современного общества и отношение к окружающей среде**

В настоящее время приоритеты в мире сильно изменились, везде очень много говорится об экологических проблемах и о том, что эти проблемы надо решать срочно, иначе будет поздно. И, тем не менее, стоит посмотреть на то, как же все это происходит на самом деле.

Еще Хосе Ортега-и-Гассет в 50-е годы писал: «За короткое время мы увидели, насколько поднялась на страницах газет волна спортивных игрищ, потопив почти все корабли серьезности» [19].

В наше время профессиональный спорт подмял большинство ценностей нашей цивилизации. Оклады наших футболистов поражают – более 3 млн евро в год, т.е. более 200 млн руб. Всего 5 футболистов – и более миллиарда рублей. На очистку русла Ахтубы не находится 100 млн руб. Строительство стадиона в Волгограде обходится около 1 млрд руб. Зимой, поздней осенью и ранней весной футбольных матчей на открытых стадионах практически не бывает, а на матчах первенства страны – полупустые трибуны. Да и самих матчей не более двух десятков. Но деньги федеральные, это приятно, и это все-таки полезно для города.

Возникает странная расстановка приоритетов. Не только в СМИ, на телевидении проблемы профессионального спорта занимают непомерно большое место. Спорт стал частью политики, и политики не могут это игнорировать. Уже как будто для всех людей вообще других побед в мире попросту нет.

Один из известных политиков, отражая точку зрения многих обывателей, говорит: «Победы в спорте важны и для молодёжи, и для интеллигенции – для всех людей вообще, ведь других побед в мире попросту нет. В экономике кризис, в науке ни шатко, ни валко, к Марсу так пока никто и не летит… Террористы надоели, войны – тоже, тем более что они чаще всего несправедливые, в них нет победителей, и радости эти события не вызывают. Поэтому спорт – это последнее, что осталось».

Вот так… Но разве это действительно так?

В науке сейчас настоящий бум – нанотехнологии, биотехнологии, робототехника, астрономия, 3D-технологии, открытие бозона Хиггса и гравитационных волн, расшифровка генома человека, использование квантовых эффектов, развитие информационных технологий и многое другое. Человечество переходит к 6-му технологическому укладу, а это существенное преобразование самого общества. Не за горами и 7-й уклад, где одно из основных направлений – преобразование самого человека. Подготовка к полету на Марс идет полным ходом, и более 200 тыс. человек выразили желание участвовать в полете. Тысячи людей занимаются техническим творчеством, растет и привлекательность науки. Есть проблема «утечки мозгов». И причина – не только недофинансирование науки, но и возможность благополучной жизни для семей ученых.

**Конечно, большой спорт стал политикой. И с политикой трудно спорить. Но мы сами ведь делаем эту политику. Активное участие в Олимпиадах и чемпионатах необходимо. Более того, неучастие просто невозможно не только с политической точки зрения, но и по причине потребности миллионов людей в этом. Тем более, что профессиональный спорт может приносить большой доход. Но мы должны уделять должное внимание и жизненным потребностям людей, в том числе, сохранению здоровой среды обитания.**

В экономике кризис. Но в странах, где приоритеты расставлены правильно, кризис что-то не наблюдается. И общество начинает понимать, что зрелища не заменяют насущного. Уже в Бразилии прошли демонстрации против непомерных трат на чемпионат по футболу (в Бразилии, футбольной стране!), а во время Олимпиады тысячи людей в Бразилии протестуют против излишних трат на саму Олимпиаду! (Олимпиады уже перестали быть самоокупаемыми). Нужда выводит людей на эти демонстрации. Древний Рим тоже не скупился на зрелища…И хотя ведущие мировые футбольные клубы имеют огромные доходы, но траты на покупку игроков будоражат болельщиков, сделки меньше 50млн. евро уже не удивляют. И даже в журнале «Футбол» появляется статья «Трансферное безумие. Как взлетали цены на игроков за последние 10 лет» [24, Футбол, №31, 4-11августа, 2016г. – с.24-29].

В 2011г. один российский миллиардер купил футбольный клуб «Анжи». Ежегодно на зарплаты тренеров футболистов команды, а также приобретение новичков клуба Керимов будет тратить от 30 до 50 млн. долларов, также миллиардер планирует вложить в инфраструктуру махачкалинцев свыше 200 млн. долларов, из которых существенная сумма пойдёт на строительство нового стадиона вместимостью более 50 000 зрителей, который будет соответствовать всем требованиям УЕФА. Владелец клуба, недовольный результатами своей команды, решил сократить финансирование и продать ряд лидеров. Бюджет клуба сократился до 50-70 млн. долларов в год. [25, <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B6%D0%B8>].

Со временем олигарху надоела эта игрушка, да и доходы от основного бизнеса у него сократились. А клуб сейчас переживает не лучшие времена. Потепенно эта история забудется. Вот и возникает вопрос, а не лучше было бы направить эти средства, например, на строительство суперсовременного медицинского центра (пусть, например, имени этого олигарха) или другие насущные нужды. И имя олигарха осталось бы на долгие годы в истории Дагестана.

А разве у нас нет проблем? Медицина. Известный российский доктор Л. Рошаль говорит: «Да, проблем более чем достаточно. И главная – недофинасирование. У меня такое впечатление, что все финансовое лобби работает против здравоохранения. У государства здравоохранение далеко не в приоритете, и оно продолжает сокращать его финансирование. Были ничтожные 3,7 % от ВВП, стали 3,4 %. Да и сами граждане о себе не заботятся. Сегодняшнее состояние – полного отсутствия ответственности граждан за своё здоровье – потом выливается в огромные материальные потери для человека и государства» [20]. В связи с оптимизацией в медицине уволились десятки тысяч санитарок и медсестер. А работающие по аутсорсингу уборщики больному не помогут…

Спортивным лобби формируется определенная установка на формирование своеобразной субкультуры, о которой написана статья В. Попова. «У России нет иммунитета к субкультурам. Мы переварим балет и оперу, классицизм и конструктивизм, но это все КУЛЬТУРА. Осваивая хеви-метал, оседлывая байк, мы покроемся струпьями татуировок, даже страшно будет выйти на пляж какого-нибудь приволжского города. А вершиной панка окажется матерящееся со сцены петербургское быдло.

И конечно, мы разведем на наших стадионах так называемых фанатов. Искусственно внедрим это абсолютно чуждое явление. Ну как же, олигархам, владельцам клубов хочется, чтоб все было, как в Европе. Баре желают соответствовать западным аналогам по шумовому оформлению, антуражу. Традиционные для России болельщики – какие-то «совки», слишком вяло ведут себя на трибунах.

Мы вырастим плеяду спортивных журналистов, экспертов, которые будут укоренять фанатскую субкультуру, введут в обиход ее понятия, легитимизируют беснование, мордобой, хамство. … И вот на Евро – 2016 во всей красе проявили себя наши…» [21].

**Конечно, спортивное лобби о своем, а мы должны лоббировать природоохранные мероприятия, создание здоровой среды обитания. И нам, пожалуй, нужно учиться у спортивного лобби отстаивать интересы природоохранной деятельности.**

…Летом Волгоград изнемогает от жары. И в то же время в Волгограде практически нет удобно расположенных и хорошо обустроенных пляжей. Характерна по этому поводу отчаянная статья из местной газеты «Интер». Журналист задает вопрос «Почему в городе на Волге трудно найти место, где можно искупаться?». Объехав все возможные места для купания горожан, приходит к выводу, что с пляжами стало гораздо сложней, чем раньше. На правом берегу, куда горожанам сравнительно просто добраться, практически нет мест для купания (пляжи есть только в Кировском и Красноармейском районах, куда нужно добираться из центра, как минимум час). На левом берегу напротив Центрального района в районе хутора Бобры есть оборудованный пляж. Но проблема в том, что до него можно добраться только на личном транспорте. Единственный вариант – это спускаться вниз с моста и идти до пляжа минут 15-20. По жаре и с маленькими детьми – это настоящее испытание…

В городе-спутнике Волжском дела с пляжами обстоят несколько лучше. Есть оборудованный пляж на острове Зеленый, с недорогим входом, оборудованными раздевалками, фонтанчиками с питьевой водой, буйками, волейбольной площадкой. Катание на моторных лодках, пляж относительно чистый. Но укрыться от солнца негде – навесы есть только в вип-зоне пляжа, куда можно попасть за дополнительную плату [22]. Есть еще Центральный пляж (единственный муниципальный пляж), расположенный недалеко от пляжа на Зеленом, оборудованный несколько хуже предыдущего. Но для более 300-тысячного Волжского 2 пляжа (платный и муниципальный), расположенные практически в одном и том же месте – тоже недостаточно, тем более жителям новой части купаться негде.

«Мы находимся в мире, непоправимо искаженном самим человеком. Нам надлежит реалистически ориентироваться перед лицом этой опасности и, насколько это возможно, устранить ее».

Подлинной несостоятельностью является делать вид, как это сегодня часто бывает, будто мы не знаем, что предпринимать. Надо спасать смысл существования посредством внедрения этого смысла в витально ренатурализованную и ставшую очень брутальной жизнь. При этом в первую очередь надо спасать человека и придать ему силу воздействия. Это поистине однозначную задачу внедрения смысла ставит перед нами сегодня наша сложная история. Сказанное здесь должно способствовать мобилизации всего повседневного внутреннего и внешнего опыта, и, насколько это удастся, положить его в основу и усилить им очень древнее воззрение человека на сущность бытия; это воззрение надлежит ввести в общее, соответствующее сегодняшней ситуации видение существования, в котором человек рассматривается в своем единстве и своей сложности со всеми присущими ей безднами [23].

Но сейчас речь идет об экологии. И, надо сказать, экологическое лобби у нас слабое. Мы много слышим о Байкале, но, как не обидно, о нашей Пойме в федеральных и международных СМИ практически не слышно.

У России есть все необходимые материальные и интеллектуальные ресурсы, чтобы решить насущные проблемы. Главное – правильно определить приоритеты. **Решение экологических проблем Волго-Ахтубинской поймы – одна из приоритетных региональных и федеральных задач.**

Возвращаясь к началу этого раздела, хочется заметить, что проблемы, в том числе и экологические, этические нормы отношения человека к Природе зачастую остаются лишь громкими лозунгами, журналистская рефлексия часто является социальным заказом в определенные «нужные» моменты. (Авторы ни в коем случае не соотносят это ко всем журналистам). Но проходит время (выборы или другие события) – а воз и ныне там. И никто зимой не вспомнит про несуществующие в Волгограде пляжи, про засыхающую Пойму, про обмелевшую Волгу, про вопросы экологического воспитания и образования (кроме «горстки» людей, постоянно занимающихся этими проблемами) и другие проблемы. Очень хотелось бы ошибаться…

В то время, пока книга готовилась к печати, стало известно, что Владислав Валентинович Тетюхин, один из владельцев титанового производства, продал свои акции и на вырученные деньги – 3,3 миллиарда рублей – построил Уральский клинический лечебно-реабилитационный центр. Этот центр на окраине Нижнего Тагила ничем не уступает сверхсовременным, восхитительным по своей архитектуре медицинским центрам Швейцарии, Франции, Германии. Это – краса и гордость Нижнего Тагила, краса и гордость Урала. Здесь ищут и находят исцеление не только жители уральских областей, но и соседних – Татарстана, Башкирии, Тюмени, Новосибирска. Поступок Владислава Валентиновича ошеломляющ, он требует объяснения в наш немилосердный эгоистический век. Отрадно осознавать, что такое все-таки происходит, и что этот случай не единичный…

**3.2. Роль биологического разнообразия в экосистемах**

Оказалось, что продукционный процесс в экосистемах зависит от видового разнообразия сильнее, чем процессы деструкции органического вещества. При уменьшении числа видов вдвое продукция экосистем снижается в среднем на 13 %. Влияние разнообразия на процесс разложения органического вещества менее очевидно: уменьшение разнообразия может приводить и к замедлению, и к ускорению процессов деструкции в экосистемах.

Уменьшение видового разнообразия приводит к снижению первичной продукции в экосистемах. Снижение устойчивости искусственных сообществ с малым числом видов используется в качестве одного из главных аргументов в защиту дикой природы, в пользу создания заповедников и заказников.

Связь видового разнообразия экосистем с их функциональными характеристиками – устойчивостью и продуктивностью – принимается большинством экологов. Частные исследования на отдельных сообществах подтверждают существование таких связей.

Группа исследователей [15] поставила задачу оценить, как влияет видовое разнообразие на фундаментальные свойства любой экосистемы – продукцию и разложение органического вещества. В результате реакций фотосинтеза зеленые растения создают из неорганических соединений органическое вещество, которое используют в пищу все остальные организмы от грибов и бактерий до птиц и млекопитающих. Продукция зеленых растений является важнейшим показателем энергетической эффективности экосистемы вместе с обратным процессом – разложением органического вещества, в котором участвуют все остальные члены сообщества.

Для этого они использовали базу данных, содержащую результаты 574 отдельных экспериментов по изменению продуктивности сообществ растений при уменьшении числа входящих в них видов (монокультуры). На втором массиве данных была проверена гипотеза об изменении скорости деструкции органического вещества в зависимости от видового разнообразия. Эта гипотеза проверялась в двух вариантах: изменение скорости деструкции с уменьшением числа видов-деструкторов и изменение скорости деструкции опавших листьев в зависимости от разнообразия видов растений, которым они принадлежат.

В экспериментах было показано, что умеренное (на 21–40 %) снижение видового разнообразия приводит к уменьшению первичной продукции растений на 5–10 %. Уменьшение видового разнообразия вдвое приводит к снижению первичной продукции экосистем в среднем на 13 %.

Более высокие уровни (уменьшение разнообразия на 41–60 % от исходного) по влиянию на продукционный процесс сопоставимы с результатами действия таких глобальных факторов, как эвтрофикация, повышение кислотности или увеличение концентрации углекислого газа.

Авторы достаточно убедительно показали, что снижение видового разнообразия в экосистемах может выступать как самостоятельно действующий фактор, по уровню влияния на ключевые параметры сопоставимый с другими глобальными факторами трансформации природной среды [15].

Устойчивая биосистема не может быть однообразной. Пример тому – огромные по площади посевы сельскохозяйственной культуры, легко поражаемые болезнями. Но и чрезмерное разнообразие биосистеме не на пользу. Это отражено в «Принципе необходимого разнообразия Эшби». Разрабатывая модель, ученые предположили, что существует некоторый оптимальный уровень разнообразия, при котором система наиболее жизнеспособна: ни один из составляющих ее видов не голодает, не вымирает, не выбивается из сил, чтобы произвести и сохранить потомство. То есть, согласно принципу оптимального разнообразия биосистем, оптимальные уровни разнообразия биосистем должны соответствовать их максимальной жизнеспособности (минимальной вероятности вымирания).

Таким образом, воздействуя на природу, человек не должен нарушать принцип оптимального разнообразия, иначе изменения могут стать необратимыми [16].

Выброс в атмосферу всё большего количества парниковых газов не оставляет надежд на то, что процесс глобального потепления в ближайшее время приостановится или хотя бы замедлится. Это обстоятельство нельзя не учитывать, хотя до самого последнего времени основным фактором, определяющим исчезновение видов, было (да и сейчас остается) уничтожение человеком их природных местообитаний (сведение лесов, превращение природных ландшафтов в сельскохозяйственные угодья, прокладка дорог и т. п.). Тем не менее, значимость климатической составляющей не только не ослабевает, а наоборот – усиливается. Теренс Досон из Университета Данди (Шотландия) и его коллеги из других научных учреждений Великобритании, США и Австралии предлагают схему, которая, интегрируя разные подходы к оценке влияния климата на судьбу конкретных видов (или экосистем), может служить основой для разработки более рациональной системы мер по их сохранению. До недавнего времени основным в этой области исследований был подход, апеллирующий к экологической нише вида (или «модели климатического конверта»). Суть его в том, что изучается зависимость благополучия вида от совокупности параметров его непосредственного местообитания: температуры, влажности, соответствующего растительного покрова, почв (для растений это особо важно) и т. п. Опираясь на разные сценарии развития климата, можно прогнозировать будущие изменения распространения какого-либо конкретного вида в зависимости от того, насколько ожидаемые условия того или иного местообитания будут соответствовать его нише.

Изменения ареалов (областей распространения) и численности видов, происходящие в связи с изменениями климата, действительно наблюдаются; причем, как ни парадоксально, расширение ареала и увеличение численности происходит чаще, чем сужение ареала и уменьшение численности. Очевидно, что ряд видов умудряется извлекать выгоду из новых условий. Однако авторы обсуждаемой статьи призывают не торопиться с выводами о снижении риска вымирания видов. Увеличение области распространения какого-либо вида и рост его численности заметить легко, а сокращение ареала и численности – гораздо труднее. Процесс вымирания видов вовсе не мгновенный. Он может занимать годы и даже десятилетия.

Кроме того, в большинстве случаев остается неизвестным, каким образом с изменениями численности конкретной популяции связаны изменения её генофонда. Происходит ли приспособление к новым условиям на чисто фенотипическом уровне (без генетических преобразований), или же это следствие перестройки генетической структуры. При сильном снижении численности, как правило, наблюдается эффект, называемый «генетическим бутылочным горлышком» – выпадение из популяции многих генотипов и снижение общего генетического разнообразия. Популяциям с низким генетическим разнообразием будет уже труднее приспособиться к грядущим существенным изменениям условий.

Очевидно, что в условиях меняющегося климата необходимо иметь более гибкую стратегию охраняемых территорий. Важно, к примеру, создание буферных зон, снятие барьеров на пути миграций животных, установление коридоров и мостов (в прямом и переносном смысле), облегчающих передвижения животных и освоение ими новых территорий. В некоторых случаях охрана отдельных видов требует интенсивного вмешательства: от облегчения миграций и переноса организмов до разведения исчезающих видов в зоопарках и ботанических садах. Наука об охране природы должна перейти от предсказаний возможных изменений к разработке эффективной системы мер по противостоянию растущей угрозе биоразнообразию [17].

**3.3. Мифы об управлении окружающей средой и оценке воздействия на нее**

В книге Холинга «Экологические системы. Адаптивная оценка и управление» [18] обсуждается 12 «мифов» о современном содержании оценки воздействия и управления. Хотя многие сформулированы здесь в утрированной форме, они все еще действительно встречаются на практике. Среди нас многие так или иначе попадали под влияние одного-двух из них.

**3.3.1. Мифы об управлении окружающей средой**

Первая совокупность мифов касается принятия решений и выработки стратегий.

*Миф 1.* Главной целью является разработка стратегий и направлений развития, обеспечивающих устойчивые режимы динамики общества, экономики и окружающей среды. Устойчивость – это палка о двух концах. Если бы наше знание структуры и целей системы было полным, то тогда цель действительно должна бы состоять в сведении возможности неожиданного к минимуму. Однако то, что мы знаем о поведении социальных, экономических систем и окружающей среды намного меньше того, чего мы не знаем. Поэтому выработанная стратегия должна предусматривать возможность извлечения выгод из непредусмотренного разнообразия случаев и неожиданностей.

*Миф 2.* Программы развития являются фиксированными совокупностями действий, которые в ходе развития не влекут за собой их значительных переработок, пересмотра или дополнения.

Программные цели меняются: непредвиденные воздействия на систему должны сопровождаться корректирующими действиями, которые, в свою очередь, могут приводить к необходимости дальнейших экономических и политических корректив, если прежние оказались безуспешными. Таким образом, решения, принятые в фиксированный момент времени, влекут за собой последовательность дальнейших решений, в том числе в отношении окружающей среды. Эти последующие решения часто приводят к более значительным воздействиям на окружающую среду, чем казалось возможным первоначально.

*Миф 3*. Стратегии должны вырабатываться в соответствии с экономическими и социальными задачами, а аспекты окружающей среды затем учитываются в процесс уточнения стратегий в виде ограничений.

Мы должны управлять силами природы так же полно, как социальными и экономическими. Если все эти факторы не согласованы в самом начале выработки стратегии, возможность достижения обществом своих целей утрачивается. Выработка стратегии обойдется дороже, а извлекаемые выгоды будут в большей мере зависеть от воли случая.

*Миф 4.* Успешно заниматься аспектами окружающей среды можно лишь при изменении существующих законодательных ограничений.

В конечном счете это может оказаться необходимым, однако чаще эти ограничения кажущиеся, а не действительные. Например, одна организация нередко может иметь обязанности, связанные с выработкой стратегии и управлением, а другая – с исследованием и оценкой воздействия. Причем последняя организация может с трудом выполнять свою роль исследователя в отсутствие перспективы, связанной с выработкой стратегии. Такая перспектива может постепенно возникнуть сама, если цель заключается в выработке множества альтернативных, но приемлемых стратегий. Разные стратегии обладают своими преимуществами и недостатками, которые могут стать действенным руководством при планировании окончательной программы исследований. В то же время разнообразие возможных стратегий обеспечивает постоянный контакт между лицами, ответственными за исследования, управление и принятие решений [18].

**3.3.2. Мифы об оценке воздействия на окружающую среду**

Эта вторая совокупность мифов касается деталей осуществления оценки воздействия.

*Миф 5.* Оценка воздействия предполагает учет всех возможных воздействий на развитие окружающей среды. Довольно интересен вопрос: что внесет возможность предвидения всех воздействий (или хотя бы большинства их) в содержание основного плана развития и в исследования по оценке воздействия?

*Миф 6.* Каждая новая оценка воздействия уникальна. Существует очень мало общих принципов, общих сведений и даже сопоставимых случаев.

Действительно, каждый случай в развитии окружающей среды имеет неповторимые особенности (например, редкие породы животных, геологические образования, типы поселений). Однако большинство экологических систем подвержено различным естественным внешним воздействиям, а все организмы сталкиваются с некоторыми общими проблемами. Экологическая наука накопила богатую литературу описательного и функционального характера, что делает, по крайней мере, излишними некоторые исследования и возможными определенные предсказания.

*Миф 7.* Исчерпывающие обзоры состояния системы (списков видов, почвенных условий и тому подобных) являются необходимыми этапами оценки воздействия на окружающую среду.

Обследования часто требуют огромных расходов и дают лишь массив описательных и неинтерпретируемых данных. К тому же они редко дают ключ к пониманию тех природных изменений, которые могут происходить независимо от внешних воздействий. Природные системы не являются статическими образованиями, их нельзя исчерпывающе изучить за короткий период обследования простым определением того, что где находится.

*Миф 8*. Детальные описательные исследования состояния отдельных частей системы можно объединить с помощью методов системного анализа, который может привести к пониманию функционирования всей системы и предсказанию последствий воздействий на нее.

Предсказания системного анализа строятся на основе понимания причинно-следственных отношений между изменяющимися переменными. Описательное исследование редко дает более одной достоверной точки на каждой из множества кривых, которыми следовало бы описывать такие критические отношения. Иначе говоря, то, как ведет себя сложная система сейчас, редко дает какое-нибудь указание на то, как она будет вести себя в изменившихся условиях. Снова интересен вопрос: что подразумевается под оценкой воздействия, управлением и стратегией, если даже исчерпывающе полные модели систем могут давать предсказания только в очень ограниченном круге случаев?

*Миф 9.* Всякое хорошее научное исследование улучшает процесс принятия решений.

Интересы ученых обычно слишком узки и определяются историей конкретной науки. Поэтому нет гарантии, что в процессе научного исследования будут определены соответствующие процессы и переменные или что информация будет собрана в пространственных и временных масштабах, необходимых для решения вопросов управления. Исследование, необходимое для адаптивной оценки воздействия и выработки стратегии, необходимо сфокусировать на связанных с ними аспектах.

*Миф 10.* Физические границы, создаваемые водоразделами, и межгосударственные границы могут значительно ограничить сферу исследования воздействий.

Только одни современные транспортные системы оказывают самые неожиданные воздействия на окружающую среду. Передача воздействия через политические границы также приводит к различного рода политическим и экономическим последствиям. Узкое изучение, неспособное выявить хотя бы некоторые из этих воздействий и их последствия, предоставит лицу, принимающему решения (ЛПР), неадекватную и вводящую в заблуждение информацию.

*Миф 11*. Системный анализ позволит эффективно выбрать наилучшую альтернативу среди имеющихся планов и программ.

Такое утверждение было бы неверным, даже если бы модели могли давать относительно точные предсказания. Сравнение альтернативных стратегий возможно только тогда, когда известны последствия использования каждой из альтернатив. Такое редко встречается в явном виде при оценке воздействия на окружающую среду.

*Миф 12.* Экологическое обследование и оценка воздействия помогают ликвидировать неопределенность последствий от внедрения планов развития.

Попытки ликвидации неопределенности иллюзорны и часто усыпляют бдительность. Для оценки воздействия и выработки стратегии представляется естественным признание неизбежности некоторой неопределенности и вытекающего из неё некоторого риска.

Эти заблуждения в текущей деятельности по оценке воздействия частично являются следствием недавнего и слишком внезапного широкого осознания того факта, что результаты развития окружающей среды сказываются на здоровье общества. Они отражают поспешную реакцию на наметившийся кризис, и, прежде чем давать новые рецепты, полезно рассмотреть исторический фон, на котором возникли перечисленные заблуждения [18].

**3.4. Развитие современной деятельности по оценке воздействия на окружающую среду**

Современный подход к проблемам окружающей среды был резко окрашен внезапной переменой в общественном сознании развитых стран. То, что было делом меньшинства, стало делом большей части общества.

В настоящее время ограничения ощутимы везде: в росте, в ресурсах, в устойчивости климата и окружающей среды. Хотя всемерное осознание значимости этих ограничений произошло относительно недавно, человечество сталкивалось с ними всегда. Всегда существовали проблемы истощения ресурсов, загрязнения. Проблемы качественно не отличались от таковых в прошлом, однако раньше они были в основном локальными и преходящими. Решения часто приходили сами собой: погода, например, в следующем году вполне могла оказаться лучшей для урожая. А если этого не случалось, часто было «что-то где-нибудь еще», дававшее выход из положения (неиспользованный ресурс, незанятая часть территории, еще одна река, пригодная для строительства плотины). В процессе поиска решений постепенно развивались необходимые знания и технические средства.

Однако с постепенным исчезновением «чего-либо где-нибудь еще» возможности необходимо было изыскивать уже не в освоении новых территорий, а в новом знании и технологии. В процессе их поиска масштабы и интенсивность воздействий неуклонно росли, периодически вызывая резкие перемены в общественном сознании. Однако прошлые решения все же давали мало опыта в отношении способов взаимодействия с окружающей средой. Во многих случаях цели экономического и социального развития невольно достигались ценой ущерба, наносимого природе.

Поэтому естественным стал теперешний отклик в ее защиту. Перед лицом вдруг осознанных ограничений защита окружающей среды и контроль над ее использованием могли по меньшей мере дать выигрыш во времени. Поэтому отклик является в значительной степени реакцией на происходящее. Региональные стратегии или программы развития до сих пор составляются исходя из экономических интересов, а корректируются лишь после обнаружения факта их влияния на окружающую среду.

В рамках этого подхода накоплен достаточный опыт, чтобы отметить две основные трудности. Во-первых, основные установки всякой стратегии или программы развития принимаются на самой ранней стадии разработки. Если из-за первоначальной узости возникают проблемы, любая переработка весьма затруднена и требует чрезвычайных усилий. Если в интересах различных групп имеются явные противоречия, то разногласия по поводу стратегий неизбежны. Разногласия и публичное обсуждение являются существенными составными частями разработки стратегий. Если ограничиться выходом, состоящим именно в неоправданном сокращении стадии разработки, то можно сорвать экономические мероприятия, обещающие общественно полезные выгоды, и утратить возможность экономии и обогащения природных ресурсов.

Вторая основная трудность, связанная с теперешним подходом, состоит в том, что последний вносит произвол в деятельность по оценке воздействия на окружающую среду, лишает ее гибкости и сосредоточенности. К каждому результату относятся так, как будто он единственный в своем роде или как если бы экологические последствия можно было бы отделить от социальных и экономических. Например, наибольшее влияние трубопровода на окружающую среду часто сказывается не вдоль самой трассы, а в удаленных от нее местах, где наличие человеческих поселений влечет усиление экономических и социальных воздействий на природу. Такие экологические эффекты, вызванные влиянием человека, предусматриваются редко. Верно и обратное: силы природы могут оказывать вредное воздействие на экономику и общество. Но если их заранее изучить, то человек мог бы извлечь из них пользу для себя, вместо того чтобы подавлять их и игнорировать.

Отсюда следует, что оценка только лишь реакции на воздействие является недостаточной. Как можем мы знать, что нужно измерять для получения фундаментальных данных и оценок, если детальный характер стратегии или плана развития полностью не выкристаллизовался? Существует тенденция измерять все на свете, создавая, таким образом, неудобоваримые тома из множества отчетов о воздействии на окружающую среду. Больше времени и сил отводится оценке того, что есть, а не того, что будет или могло бы быть. Предвидение и четкое предсказание последствий применения альтернативных стратегий подменяются статическим и запутанным описанием.

Однако сейчас накоплен достаточный опыт, позволяющий положить начало развитию и осуществлению другого подхода. В настоящее время экология систем совместно с физическими науками развиты достаточно, чтобы дать сжатое представление о ключевых элементах экологических систем. Основанные на таком подходе модели отражают не только статические, но и динамические свойства систем, которые колеблются и изменяются под влиянием природы и человека. Подобные модели могут служить самостоятельно или в совокупности с аналогичными экономическими моделями как лабораторные образцы окружающего мира, способствующие развитию альтернативных стратегий и исследованию результатов их применения.

Системные науки развили методы оптимизации, которые при корректном использовании могут содействовать осуществлению главных стратегий и лучше достигают своих целей при согласовании с ритмом жизни экологических и экономических систем, а не противопоставлении им. Существуют методы работы с неточной информацией, с максимально доступной информацией о частично известном процессе, а также методы работы в условиях, когда формулируемые цели мало зависят от неожиданностей. Все они используются при разработке стратегии, последние формулируются и обнаруживают свою пользу на основе экологической и экономической практики. Наконец, теория принятия решений дает несколько теоретических наставлений и некоторый практический опыт апробирования решений при наличии неопределенностей и конфликтных целей [18].

**3.5. Следствие из неопределенности**

Выработка стратегий или программ экономического развития предполагает наличие умений развивать альтернативные стратегии и оценивать их перспективы. Но как бы широко и интенсивно ни проводился сбор данных, как бы много мы ни знали о функционировании систем, область нашего знания о специфических экологических и социальных системах мала по сравнению с нашим неведением.

Таким образом, ключевой вопрос выработки и оценивания стратегий состоит в том, чтобы справиться с неопределенным, неожиданным и неизвестным. То, что нам мало известно о структуре и поведении экологических систем, в данном случае кажется общей фразой. В то же время существует растущее затруднение, относящееся к экономическим и связанным с ними экологическим системам.

Неопределенность имеется даже в конечных целях экономических стратегий и планов развития. Усилия по возобновлению ресурсов могут в течение некоторого времени иметь своей первейшей исходной целью стабильное их использование, соблюдение общих норм взаимоотношений с окружающей средой, далее изменяться в зависимости от ситуации; и, наконец, определяющими могут стать чисто экономические интересы. Разработка стратегии, предполагающая эти цели неизменными, может вскоре привести к исключению возможных вариантов из рассмотрения, а цели все же могут изменяться.

Однако поиск решения не должен отменять метода проб и ошибок при попытке устранить неопределенное и неизвестное. Это могло бы привести только к более жесткому управлению, регулированию и контролю, основанному на иллюзорном предположении о достаточности нашего знания. Наиболее естественный путь состоит в разработке стратегий и планов экономического развития, позволяющих вновь подключить метод проб и ошибок. Усилия по снижению неопределенности колоссальны. Этот вопрос затронут в значительной части книги. Но и наилучшие методы прогнозирования, взятые без достаточных усилий по разработке действий на случай неопределенности и по извлечению пользы из неожиданного, будут только приводить к еще большим проблемам, встающим все резче и чаще. Эта концепция лежит в основе идеи адаптивного управления окружающей средой: процесс выработки стратегий и их коррекции должен включать в себя методы, не только снижающие неопределенность, но и извлекающие из нее пользу. Цель состоит в выработке более гибких стратегий [18].

**3.6. Устойчивость и гибкость систем**

Концепция гибкости вытекает из весьма специфического понимания структуры и поведения экосистем. Кажется, что они имеют аналогию в поведении административных и других систем. Характер реакции системы на запланированное или непредвиденное возмущение зависит от ее устойчивости. Это означает, что, независимо от размеров возмущения, система при его прекращении вернется в исходное устойчивое состояние. Таков взгляд на добрую природу, которая может приспособиться к пробам и ошибкам любых размеров. С этой точки зрения «большое» отличается от «малого» лишь выбором масштаба измерений.

Противоположный взгляд основан на высокой степени нестабильности экологических систем. Они хрупки и легко попадают в режим быстрого вымирания. Сохраняются они в силу разнообразия своей структуры и распределенности в пространстве. Их способность к существованию поддерживается за счет внешних источников. Такой взгляд на Недолговечную Природу на деле ведет к утверждению «прекрасного в малом» и сосредоточению на необходимости пространственного многообразия, разнообразия возможностей и, в конечном счете, локальной автономии.

В некоторых экосистемах случайные события являются доминирующим фактором. Пожары – не всегда источник бедствий, но, например, для степных экосистем являются нормальным условием их существования. Периодические засухи определяют структуру некоторых саванных систем в Африке. Кроме того, сами по себе значения переменных могут переходить из одной области устойчивости в другую под действием внутренних сил. В частности, мы увидим, что периодические вспышки численности насекомых можно приостановить случайными изменениями погоды, миграцией насекомых с других территорий или естественным ростом леса. Плотность популяции резко возрастает от низкой стабильной до очень высокой. Пока высокая численность насекомых устойчива, лес остается без листвы. Лес отмирает, включается процесс регенерации, и начинается новый цикл. Такие крупномасштабные колебания и движения между областями устойчивости приводят к обновлению леса и поддержанию разнообразия [18].

**3.7. Процедуры и методы описания и изучения экосистем**

Конкретные методы, отобранные для описания или моделирования динамики системы, не обязательно представляют количественные имитационные модели. В рамках некоторых ограничений, определяемых экспертами, сами характеристики проблемы отчасти определяют выбор методов. Существуют три основные характеристики: а) число переменных, управляемых параметров и пространственно-разнесенных элементов; б) глубина и широта понимания основных физических, экологических и экономических процессов; в) количество и качество данных. Независимо от того, какую комбинацию характеристик содержит всякая конкретная проблема, существует метод, пригодный для ее решения.

Прежде чем использовать модель в качестве лабораторного объекта для апробирования набора альтернативных стратегий, необходимо изучить степень ее правдоподобия. Отметим, что никакая модель (ни качественная, ни математическая) не является истинной. Для выявления области применимости требуется информация об особенностях поведения системы, которую можно затем сопоставить с предсказаниями модели в критических условиях. Такую информацию обычно можно получить из данных наблюдений, традиционно ведущихся над экспериментами самой природы, например, особо холодные или жаркие годы каких-то конкретных географических районов, или необычные погодные условия некогда в прошлом. Кроме того, информацию о поведении системы в критических условиях можно извлечь из поведения пробной системы или сходных систем, подверженных воздействию человека. Чем лучше описывает модель поведение системы в критических условиях, тем более уверенным можно быть в ее адекватности при выработке новых стратегий.

Для достижения некой данной цели может существовать множество путей. Например, максимально допустимый улов на рыбном промысле можно регулировать посредством ограничения количества и качества орудий лова либо установлением квот улова. Роль модели в данном случае состоит в определении таких показателей, которые наилучшим образом способствуют достижению цели. Поскольку цены и прибыли могут возрастать по всевозможным причинам, управляющему обычно необходимы различные показатели. Одним из необходимых шагов является сокращение объема этой информации до размеров, доступных восприятию. Для этого существует несколько способов. Мы предпочитаем графический способ уплотнения показателей, поскольку он является наиболее универсальным. Относительные достоинства альтернативных эффектов управления можно оценить по значениям показателей модели. Здесь одинаково полезны методы формальной и неформальной оценки, однако в любом случае они должны использоваться лишь для выделения некоторого набора стратегий, которые затем должны более полно изучаться. Целью является не достижение некой мифической «оптимальной стратегии», а сравнение и затем сочетание альтернативных стратегий для выявления диапазона и характера подходящих нам альтернатив.

Хотя оценки воздействия мы рассматриваем как составную часть управления, в некоторых странах они расцениваются как отдельные виды деятельности. Можно суммировать некоторые конкретные рекомендации в отношении методов оценки воздействия на окружающую среду.

1. Важнее оценивать структурные характеристики системы (распределение размеров, возрастное распределение, взаимосвязи), чем значения отдельных переменных.

2. Локальные события могут оказать влияние на удаленные участки.

3. Наблюдение за переменными, выбранными неудачно, может привести к кажущемуся отсутствию изменений, в то время как резкое изменение будет угрожающе близко.

4. Воздействия не обязательно являются непрерывными и постепенными, они могут происходить внезапно некоторое время спустя.

5. Изменчивость экологических систем, включая сильные разрушения, происходящие время от времени, приводит к возникновению саморегулирующихся систем определенного типа, обладающих гибкостью. Стратегии, уменьшающие пространственно-временные изменения системы, должны всегда подвергаться сомнению, даже если они и нацелены на улучшение «качества» окружающей среды.

6. Многие из существующих методов оценки воздействия на окружающую среду (например, анализ доходов и расходов, матрицы входа – выхода, матрицы воздействие – результат, линейные модели, дисконтирование) не являются универсальными или по меньшей мере важнейшими. Необходимо проявлять осторожность при их использовании [18].

**3.8. Природа и поведение экологических систем**

Задолго до того, как появился человек, природные системы подвергались «травмам» и «шокам», которые были вызваны засухой, наводнением, геологическими изменениями. Выжившие системы – это системы, которые смогли абсорбировать подобные «травмы», адаптироваться к ним и к их постоянному возникновению. Поэтому такие системы не являются хрупкими, так как возникли в процессе постоянных изменений. Однако они не бесконечно эластичны. Лес можно превратить в пустыню, а реку – в сточную канаву. Но чтобы достигнуть этого, человек зачастую должен очень сильно постараться.

Четыре свойства определяют то, как экологические системы отвечают на изменения и, следовательно, как должны разрабатываться стратегии и оцениваться вмешательства.

1. Части экологической системы связаны друг с другом избирательно, это важно для определения того, что именно необходимо измерять.

2. События не однородны в пространстве, этим определяется сколь интенсивными будут воздействия и где они произойдут.

3. Резкие изменения в поведении обычны для многих экосистем. Традиционные методы контроля и оценки воздействия на окружающую среду искажают картину, создавая представления неожиданности или противоестественности таких изменений.

4. Изменчивость, а не постоянство – характеристика экологических систем, которая вносит вклад в их живучесть и способность к самоконтролю и самовосстановлению [18].

Добавим еще некоторые выводы об организации экологических систем.

Отметим, что простая мысль о том, что все связи существенны, просто не верна. Можно было бы ожидать, что исчезновение больших морских рыб должно подействовать на многие другие группы рыб, и, прежде всего, на их экологических соседей (морских беспозвоночных). Однако оказалось, что имеющаяся энергия устремилась через один конкретный канал к относительно удаленной части пищевой сети.

Длительное существование видов было бы совершенно невероятным, если бы их судьба зависела от всех остальных видов в системе. Рассмотрения, подобные представленным выше, показывают, что экосистемы обнаруживают такую структуру связей, которая приводит к существованию подсистем, сильно связанных внутри себя, но незначительно взаимодействующих между собой. Во-первых, ликвидация одной подсистемы не обязательно разрушает всю систему. Вследствие наличия минимальных связей между подсистемами, оставшиеся могут зачастую пережить период, достаточный для самовосстановления утраченных. Во-вторых, по той же причине эти структуры быстро адаптируются к изменениям. Характер связей с другими подсистемами может оставаться неизменным, в то время как внутри подсистемы могут происходить кардинальные изменения. Одни виды могут постепенно заменяться другими, выполняющими те же самые функции или роли.

Вывод для контроля над окружающей средой состоит в том, что даже качественное определение структуры экосистемы более важно, чем измерения численностей всевозможных организмов. Структура же определяется тем, кто с кем и как связан [18].

**3.9. Пространственное поведение**

Примеры как с хлопком, так и с рыболовством в Северном море также характеризуют важные пространственные свойства экологических систем. Одна из причин, по которой система выращивания хлопка столь стремительно деградировала, заключалась в использовании инсектицидов сразу на всей территории замкнутой, ограниченной экосистемы долины. Однако, даже не получая поддержки извне, система оказалась способной как замедлить все действие, так и восполнить разрушенное. Пример Северного моря подчёркивает, что явления могут сильно отличаться в различных частях пространства. Рыбы и взаимодействующие с ними организмы в глубинных водах отличаются от рыб и организмов мелководья. И, тем не менее, они определенным образом связаны друг с другом. Более того, если мы посмотрим внимательнее, то увидим мозаику пространственных элементов или «лоскутов», которые отличаются своими биологическими и физическими свойствами. Части этой мозаики не полностью изолированы друг от друга, а связаны потоками вещества, энергии и некоторых организмов, потоки обусловлены ветрами, течениями или активным расселением организмов.

Последствия существования этой пространственной мозаики и связей в ней были хорошо показаны в исследовании Хюффакера, в котором он изучал взаимодействие между популяциями травоядных клещей и хищников, питающихся клещами. Когда допускалось беспрепятственное перемещение организмов во всем экспериментальном объеме, то система была неустойчивой, и популяции вымирали. Когда же были поставлены перегородки, затрудняющие движение между частями объёма, появились мелкомасштабные неоднородности и популяции стабилизировались. Таким образом, популяции, начавшие вымирать на одной малой площади, могут восстановиться при вторжении других популяций, достигших в этот момент максимума численности. Такой взгляд на пространственное проведение отличается от поведения, предполагаемого во многих экологических рассмотрениях. Более привычные предположения, относящиеся к пространственным эффектам, показаны на рис. 3.2, а: считается, что сильные вмешательства оказывают локальное воздействие, а при удалении от места воздействия его последствия ослабевают. Мы называем такое предположение парадигмой «разбавления воздействия». Вредные физические эффекты (загрязнения) предполагаются размывающимися в пространстве; считается, что потери возмещаются сами собой с расстоянием; экономические диспропорции полагаются затухающими в сложной цепи экономических взаимодействий.

Другой взгляд приведен на рис. 3.2, б. С этой точки зрения воздействия и вызываемые ими проблемы не связаны каким-либо простым образом с расположением воздействующего фактора. Мы не будем принимать эту точку зрения всерьез, рассматривая многие физические проблемы (хотя и некоторые загрязнения могут концентрироваться до опасных уровней вдали от их источников в результате действия биологических и физических механизмов). Однако совсем не очевидно, что физическая аналогия применима, когда мы имеем дело с другими типами подсистем. В частности, мы утверждаем, что воздействия, особенно вызываемые социальными и экологическими процессами в широких географических и временных пределах, могут не иметь явной связи с начальным импульсом. Например, локальное экологическое воздействие от строительства нефтепровода обычно можно учесть и оптимизировать. Однако индуцированный эффект от вторжения капитала и строительных рабочих, размещаемых в удаленных от нефтепровода поселках, может иметь существенные социальные последствия, которые вызовут более значительное экологическое воздействие, чем сам нефтепровод.

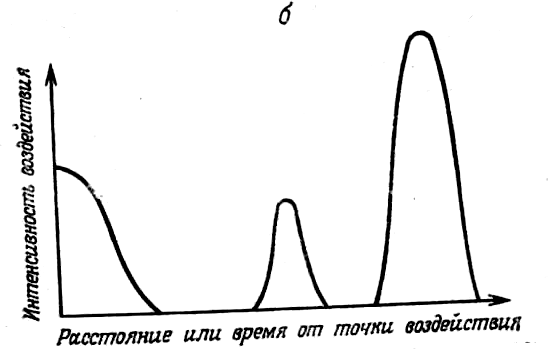
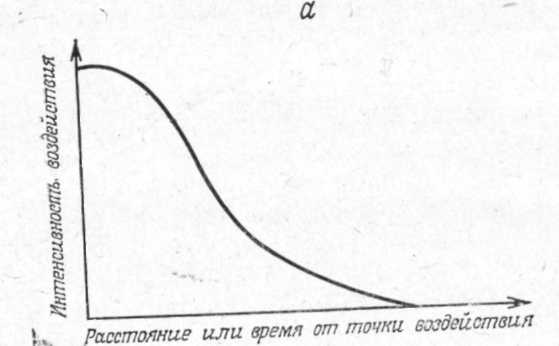
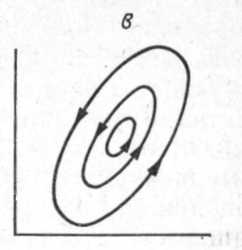
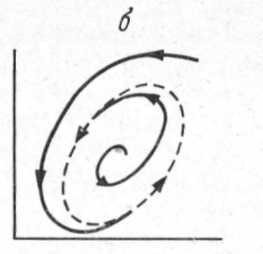
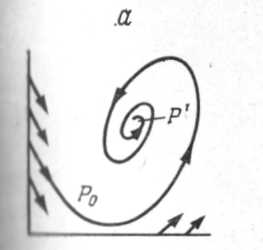


Рис. 3.2. *Упрощенные «портреты стабильности» экосистем*

**3.10. Устойчивость и эластичность**

Большинство экологических оценок, разработок экологических стратегий и даже собственно экологических исследований явно или неявно предполагают, что если вмешательство будет прекращено, то система в конечном счете возвратится в свое исходное состояние. Однако фактически реакции на воздействия могут принимать множество различных форм, которые условно можно представить в виде упрощенных «портретов стабильности» (рис. 3.3). Их называют фазовыми портретами. Траектории просто представляют последовательное изменение значений двух переменных, задаваемое некоторой начальной точкой. Переменные могут быть численностями хищников и жертв, конкурирующих видов или численностью травоядных и количеством их пищи.

Рассмотрим траекторию на рис. 3.3, а (устойчивое равновесие), для которой начальные условия представлены точкой Ро на выделенной спирали. В отсутствие вмешательства человека и стохастических эффектов система стремится двигаться вдоль спиралеобразной траектории, имеющей переменный радиус на каждом последовательном интервале времени, в пределе система приходит в положение равновесия Р'. Стохастические воздействия приводят к тому, что процесс нарушается, причем величина и направление случайной компоненты, как правило, являются функцией положения на фазовой плоскости. Но, независимо от этих деталей, очевидно, что система, описываемая случаем *а*, будет всегда перемещаться по направлению к равновесию. Длительное время возврата к равновесию может быть связано с большим смещением относительно равновесной точки или ее нейтральным характером, но факт восстановления равновесия не вызывает сомнения.



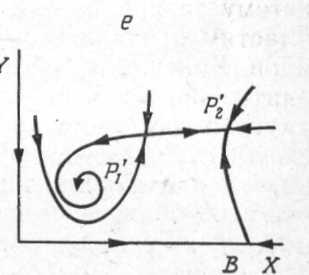
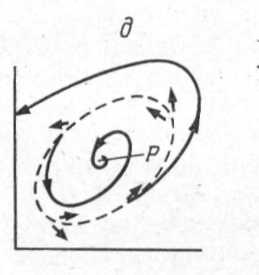
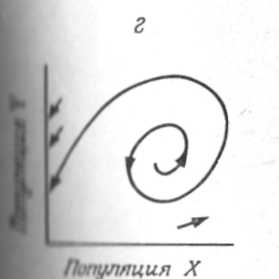


Рис. 3.3. *Фазовые портреты экосистем (а – д – упрощенные примеры,*

*е – специфический пример из работы [4]. а – устойчивое равновесие;*

*б – устойчивый предельный цикл; в – нейтральные циклы; г – неустойчивое равновесие; д – область притяжения; е – область притяжения (два ненулевых устойчивых равновесия).*

Случай *б* (устойчивый предельный цикл) демонстрирует аналогичную конвергенцию. Каждая точка на плоскости стремится к замкнутой траектории, которая соответствует скорее динамическому, чем статическому равновесию. Всякое отклонение от устойчивого предельного цикла вызывает экологическое давление, которое, в конце концов, выводит систему обратно на цикл. Если построить зависимости величин X и У от времени, то эти временные серии будут иметь форму, характерную для незатухающих колебаний. Это типичные зависимости для простого поведения системы хищник – жертва.

Особое свойство случая *в* (нейтральные циклы) заключается в том, что каждое новое смещение из равновесия приводит к новой незатухающей временной зависимости. Это явление еще не зафиксировано в реальных биологических системах; есть основания считать, что подобные системы существовать не могут, а случай *в* включен лишь для полноты рассмотрения.

В случае *г* (неустойчивость) при любом исходном состоянии система со временем вымирает. Восстановление возможно только с помощью повторного заселения из других областей. Эта точка зрения усиливает уверенность в необходимости пространственной неоднородности как единственного способа поддержания существования системы в целом.

Случаи *д* и *е* представляют большой интерес для управления воздействиями на окружающую среду, случай *д* – это общий упрощенный пример, а случай *е* – конкретный пример, который мы обсудим ниже. В случае *д* имеется замкнутая область, такая, что возмущения, не выводящие за ее пределы, затухают, и система возвращается к положению равновесия. Возмущения, выводящие систему за пределы области, приводят к ее уходу к неким новым областям притяжения или ведут к вымиранию одного или более видов. Конечно, конкретное возмущение не обязательно будет приводить систему к тому или иному определенному состоянию, потому что движение по фазовой плоскости содержит случайную компоненту, способную «перебрасывать» траекторию через границу области притяжения в ту или другую сторону. Полезно представлять себе область притяжения как кратер на вершине горы. Частица, движущаяся вблизи кромки кратера, имеет ненулевую вероятность на каждом шаге выпасть из кратера, а также двигаться далее в соответствии с положением этой частицы на плоскости и величиной временного шага. Однажды выпав, частица может попасть обратно в кратер и возвратиться в область притяжения; вероятность такого возвращения меньше, чем вероятность ухода от кратера.

Другая возможность заключается в том, что выпавшая частица попадает в новое углубление. В биологическом смысле система перескочила из одной области стабильности в другую.

В последнем случае будет казаться, что сперва система поглощает все возрастающие воздействия, а затем вдруг резко перескакивает на другой, неожиданный режим поведения. Рассмотренные портреты не являются просто математическими диковинками. Они находят свои аналоги в реальном мире. К одному из наиболее драматичных и полно документированных примеров относится история рыбного промысла в Великих Озёрах в Северной Америке. Данные улова имеются, начиная с 1880 года, и замечательно похожие картины получены для всех семи наиболее важных промысловых видов в каждом из пяти Великих Озёр. Сначала наблюдался продолжительный период стабильного и умеренно колеблющегося улова. В нескольких случаях улов внезапно резко возрастал, а затем безотносительно к тому, имело ли место увеличение улова или нет, он всегда за 2–3 года резко падал. В отдельных случаях популяции вымирали, в других – их численность уменьшалась до очень низкого уровня. Но и на этом уровне популяции не удерживались, поскольку продолжался лов, и появлялись новые хищники. Даже когда лов был прекращен, а число хищников уменьшено, популяции не вернулись к прежним численностям; стабилизировались новые уровни численности в новом состоянии равновесия.

Мы рассмотрели пример системы, которая, по всей вероятности, имеет, по крайней мере, два положения равновесия: одно с большой численностью, другое – с малой. Если популяции слегка сместить относительно одного из двух положений равновесия, то они будут стремиться возвратиться в него. Однако существует предел величины смещения, прежде чем популяции неожиданно не перескочат в другую область стабильности. Существуют различные области устойчивости и резкие границы между ними. Однако даже эта картина с двумя раздельными областями устойчивости сильно упрощена. Границы между положениями равновесия с высокими и низкими плотностями не являются простыми «прямыми линиями», определяемыми только особыми свойствами рассматриваемых видов.

Характер трофических связей может привести к тому, что популяция, находящаяся в «нижнем» состоянии равновесия после возмущения, еще более снижающего ее численность, переходит в «верхнее» состояние равновесия. Например, на рис. 3.2, е представлен фазовый портрет, полученный Базыкиным в одной из модификаций предложенной им общей модели системы хищник – жертва. Если Y – хищная рыба, имеющая промысловое значение, и система находится в равновесии P'1, то может быть желательным перемещение системы в состояние P2, соответствующее большей численности популяции. Заметим, что малое увеличение плотности популяции данной рыбы по-прежнему оставило бы систему в области притяжения нижнего состояния равновесия. Умеренное же сокращение численности популяции, напротив, может вызвать пересечение переменными границы устойчивости, и система естественным образом перейдет к более высокому положению равновесия.

Пример с Великими Озерами не является единственным. Аналогичное поведение обнаружено при изменениях рыбных популяций в Северной Америке и Европе, пастбищных системах Северной Америки, Африки и Австралии, в популяциях насекомых-вредителей в Азии, Северной Америке и Европе.

Большие совокупности организмов демонстрируют подобное же многоравновесное поведение. Применение гербицидов в лесных районах США до такой степени подавило воспроизводство и рост деревьев, что кустарники возобладали в системе настолько, что даже после прекращения обработки химикатами система осталась неизменным и характерным сообществом кустарников.

Огромные массивы тропических лесов могут точно так же быть поставлены в условия необратимого обезлесивания из-за истощения почвы и защелачивания питательного слоя; положение усугубляется очень низкой способностью семян тропических деревьев к распространению.

Рассмотрим последний пример. Хатчинсон восстановил последовательность событий, происходивших в небольшом кратерном озере в Италии со времен последнего ледникового периода (2000–1800 гг. до н. э.) до настоящего времени.

В промежутке между возникновением письменности и временами Римской Империи в озере поддерживалось равновесие с низким уровнем продуктивности, которое сохранялось, несмотря на резкие изменения, происходившие в окружающем мире: от степей полыни через травяной покров к сосновому и смешанному дубовому лесу. Затем вся водная система резко изменилась. Это изменение в направлении эвтрофикации, или высокой продуктивности, по-видимому, началось с сооружения Via Cassia приблизительно в 171 г. до н. э., которое вызвало некоторое небольшое изменение в гидрографическом режиме.

Мы рассмотрели многоравновесное поведение так детально потому, что оно составляет суть неопределенности экологических оценок и расчетов. Может показаться, что система ведет себя согласно одному набору правил, а затем резко перескакивает в радикально отличающееся состояние.

Постепенно возрастающий сброс в озеро питательных веществ может в течение долгого времени не вызывать заметного изменения качества воды. Однако в некоторый момент дополнительное увеличение их концентрации может внезапно привести к возникновению условий эвтрофикации. Казалось, что рыбный промысел на Великих Озерах приносил постоянный и стабильный улов и, тем не менее, дошел до резкого упадка.

Плодородные равнины в дельте Ориноко после осушения и окисления соединений серы в почве могут превратиться скорее в кислотную пустыню, чем в сельскохозяйственные угодья.

Точно так же, как имел место традиционный образец «разбавления воздействия» для последствий воздействий по мере удаления в пространстве, существовало аналогичное представление относительно последствий воздействий во времени.

Часто предполагалось, что воздействия приводят к мгновенно возникающим и затем постепенно затухающим последствиям. Это позволяло сделать вывод о том, что даже если эти последствия непредсказуемы, то, тем не менее, в нашем распоряжении имеется достаточно времени, чтобы отследить и исправить их.

В соответствии с этой точкой зрения имеющиеся подходы к планированию и разработкам (крайние оценки при анализе расходов-доходов или гладкие поправочные функции) являются удовлетворительным инструментом для разработки экологической стратегии и ее оценки. В действительности ни один из этих подходов не справедлив в мире, который имеет более одного положения равновесия или области устойчивости и в котором могут происходить скорее резкие, чем плавные изменения.

Полагая, что одна переменная воздействует на другую только как в таблице вход – выход или в матрице воздействие – результат, мы искусственно вводим линейные соотношения или, в лучшем случае, гладкие связи. Однако многие взаимодействия таковы, что существует порог, отделяющий области, в которых поведение сохраняется, от областей, в которых оно резко меняется или в которых эффект имеет разный знак. Эти нелинейные отношения приводят к существованию множественных областей стабильности. Они могут превратить традиционные инструменты, используемые при разработке стратегии и ее оценке, из способа решать проблемы в источники новых проблем [18].

**3.11. Динамическая изменчивость**

Осталось еще одно свойство. Экологические системы не статичны, а находятся в непрерывном изменении (изменяются численности видов, условия равновесия, видовой состав); это динамическое изменение отчасти определяет структуру, разнообразие и жизнеспособность систем. С точки зрения долгосрочной перспективы частые засухи на равнинах Восточной Африки, возможно, являются единственной причиной, которая создала необычное своеобразие и растительного мира этих мест.

Традиционный пример экологических оценок обычно заключается в том, что мир является или должен делаться статическим, или постоянным. В развитых странах за последнее время в особенности возрос интерес к экологическим проблемам – частично как реакция на акцентирование в недалеком прошлом внимания на росте, социальных и экономических достижениях.

Но когда это приводит к задаче поддержания экологической или общей неизменности и постоянства, то его никак нельзя считать экологически оправданным. Экологические системы – грязные, изменяющиеся, растущие и умирающие системы.

И что парадоксально, развивающиеся страны могут оказаться более приспособленными к реагированию на необходимость конструктивной изменчивости из-за того, что они быстро изменяются и приспосабливаются к новым условиям.

Эти четыре свойства (упорядоченность связей между частями, пространственная неоднородность, эластичность и динамическая изменчивость) лежат в основе всех наших попыток развить и опробовать методы, описанные в следующих разделах.

При рассмотрении четырех свойств прояснилось несколько общих выводов.

1. Так как не все связи существенны, то нет необходимости измерять все. Однако необходимо выявлять наиболее значимые.

2. Структурные черты (распределение размеров, возраст, кто с кем связан) более важны для изучения, чем измерения численности.

3. Изменения одной переменной (например, численности популяции) могут повлечь за собой неожиданные воздействия на другие переменные в том же месте, а вследствие некоторых связей – и вдали.

4. Слабые воздействия в одном месте могут повлечь за собой сильные последствия в удаленных местах.

5. Наблюдение за неправильно выбранными переменными может показать отсутствие изменений, в то время как резкое изменение угрожающе близко.

6. Последствия воздействий не обязательно возникают моментально и постепенно спадают: они могут возникать внезапно спустя некоторое время после вмешательства.

7. Изменчивость экологических систем, включающая происходящие время от времени сильные разрушения, приводит к возникновению самокорректирующихся систем определенного типа, сохраняющих эластичность. Стратегию, сокращающую изменчивость в пространстве или во времени даже в целях достижения лучшего «качества» окружающей среды, необходимо всегда ставить под вопрос.

8. Многие существующие методы оценки воздействия на окружающую среду (например, анализ расхода-дохода, метод черного ящика, матрицы взаимодействий, линейные модели, дисконтирование) выглядят не имеющими будущего или по меньшей мере не первостепенными.

Перечисленные выводы связаны с методами и данными, требующимися для оценки воздействия на окружающую среду и разработки экологической стратегии. Однако уже имеются также и уроки освоения достижений экологии в рамках социально-экономического развития [18].

Адаптивное вмешательство в окружающую среду является более уместным понятием. На основе сказанного можно сформулировать несколько общих рекомендаций.

1. С самого начала необходимо учитывать экологические переменные процесса развития или процесса разработки стратегии и рассматривать их как равноправные части наряду с экономическими и социальными параметрами.

2. Затем, в стадии проектирования, необходимо предусмотреть моменты целенаправленного совершенствования и обновления стратегии с учетом интересов вовлеченных организаций, перемежающиеся периодами реализации уточненной стратегии.

3. Разработка должна предусматривать использование вновь поступающей информации о неизвестных или известных лишь частично социальных, экономических или экологических эффектах. Информация может оцениваться так же, как затраты труда, доход и прибыль.

4. Некоторые из экспериментов, поставленных для получения информации, могут являться самостоятельной частью общего плана исследований, а остальные должны включаться в текущую хозяйственную деятельность. Хозяйственные работники, так же как и ученые, постигают все на собственном опыте.

5. Равноправной частью разработки являются контролирующие и исправляющие механизмы. Они не должны быть просто добавками уже после возникновения неприятных последствий.

6. При разработке этих механизмов следует тщательно учитывать экономические связи между структурами и стратегиями, допускающие возможность устранения неожиданностей, и находить недорогие механизмы, контролирующие неожиданное и улучшающие его последствия. (Этот вывод был непосредственно использован при разработке стандартов для контроля над загрязнениями).

7. Изложенная точка зрения предполагает необходимость изменений в организациях и законодательстве. Неожиданно обнаружили, что такие изменения легче осуществимы в «менее эффективных» развивающихся и развитых странах. Запланированное или нет, неожиданное было частью их истории, и адаптивное изменение они могут воспринять как умеренный и приемлемый отход от традиции [18].

**3.12. Системная экология поймы. Пойма – как открытая термодинамическая система**

«…понятие системы в настоящее время не ограничивается теоретической сферой, а становится центральным в определенных областях науки»

Л. фон Берталанфи [24]

Сложность экосистем, большое разнообразие действующих факторов, широкий диапазон воздействий на экосистемы и большое разнообразие экосистем (ЭС) требует общего концептуального подхода к проблеме описания функционирования экосистем и разработки новых эффективных методов их восстановления. Таким общим концептуальным подходом является системный подход. Системная экология объединяет различные взаимодополняющие методы и подходы (теорию систем, термодинамику открытых неравновесных систем, синергетику, нелинейную динамику, моделирование, информационные технологии и другие современные подходы к описанию и исследованию сложных систем). Стратегия исследования и разработок по восстановлению ЭС на основе взаимодополняющих подходов представляется наиболее эффективной. Важное методологическое значение имеет само по себе целостное восприятие экосистем.

Ниже приводятся некоторые основные теоретические подходы, которые лежат в основе описания экосистем и прикладных разработок по их восстановлению, а также наиболее важные системные, экологические, биологические, физико-химические и технологические эффекты, проявляющиеся в экосистемах.

**3.12.1. Системный подход. Общая теория систем**

В основе системного подхода лежит представление рассматриваемого объекта в виде системы, т.е. целостного множества взаимосвязанных элементов любой природы. Главным критерием, устанавливающим необходимость данного элемента в системе, является его участие в процессе функционирования системы, приводящее к получению заданного результата. Системный подход допускает функционально обоснованное расчленение любой системы на подсистемы, объем и количество которых определяются составом системы и масштабом рассмотрения. Можно добавить, что один и тот же объект можно представить в качестве разных систем, при этом число способов системного представления объекта не имеет ограничений.

Основой системного подхода является **общая теория систем**, рассматривающая общие закономерности, присущие системам различной природы. Проявление общесистемной концепции связывают с работами Л. Берталанфи [24-25], хотя достаточно развернутые представления по общесистемным закономерностям были развиты А. Богдановым в знаменитой ныне «Тектологии» [26]. В своей теории Берталанфи обобщил принципы целостности, организации, эквифинальности (достижения системой одного и того же конечного состояния при различных начальных условиях) и изоморфизма. Так, организм, согласно Л. Берталанфи, представляет собой открытую систему, остающуюся постоянной при непрерывном изменении входящих в нее веществ и энергии (так называемое состояние подвижного равновесия).

В настоящее время по общей теории систем имеется множество публикаций, в том числе, касающихся экологии [27-31]. Применение системного подхода к конкретной области приведено в работе автора [30]. Большинство специалистов в области общей теории систем рассматривают ее как своеобразную метатеорию, обобщаю­щую выработанные представителями различных областей науки (включая системный анализ и системный подход) знания о системах.

Существует более 200 определений понятия «система». Наиболее общепринятым это понятие определяется следующим образом:

**Система** (от греч. σύστημα, «составленный») – множество взаимосвязанных [объектов](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D1%8A%D0%B5%D0%BA%D1%82), организованных некоторым образом в единое [целое](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A6%D0%B5%D0%BB%D0%BE%D0%B5&action=edit), противопоставляемое [среде](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B0_%28%D0%B2_%D1%82%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B8_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%29).

**Свойства систем**

Связанные с целями и функциями:

1. Синергичность – однонаправленность (или целенаправленность) действий компонентов усиливает эффективность функционирования системы.

*Большинство подсистем поймы при нормальном ее функционировании способствуют оптимальной продуктивности ее биоценозов и устойчивости поймы как системы в целом.*

1. Приоритет интересов системы более широкого (глобального) уровня перед интересами её компонентов.

*Нельзя любой ценой сохранять или чрезмерно расширять какую-либо экосистему поймы или природный объект в ущерб устойчивости поймы в целом.*

1. [Эмерджентность](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B4%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) ([лат.](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA): «выбивающийся», [англ.](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA): «возникновение нового») – цели (функции) компонентов системы не всегда совпадают с целями (функциями) системы.

*Так функции водных и почвенных экосистем различны. Они не совпадают с функцией самой поймы – поддержание определенного климатического состояния и водного баланса, и сохранение существующего биоразнообразия, функции и цели определенных растительных сообществ – самосохранение, увеличение биомассы, растительные сообщества являются активными испарителями и расходуют на свою жизнедеятельность много воды. В растительных сообществах поддерживается только характерное для них биоразнообразие. Чрезмерное развитие определенной растительности, например, тростинка, нарушает сложившееся биоразнообразие и может привести к определенной деградации сложившихся экосистем.*

1. Мультипликативность – как позитивные, так и негативные эффекты функционирования компонентов в системе обладают свойством умножения, а не сложения.

*Формирование биоценозов приводит, безусловно, к мультипликативным эффектам – повышается устойчивость экосистем, в том числе, устойчивость биоразнообразия, эффективность использования материальных и энергетических ресурсов.*

1. Целенаправленность.

*Пойма как экосистема в целом и отдельные ее экосистемы целенаправленно в естественном состоянии достигают некоторого устойчивого, стационарного, но неравновесного состояния. В определенном смысле это является целью экосистем.*

1. Альтернативность путей функционирования и развития.

*Экосистемы могут достигать устойчивого состояния различными путями в зависимости от значений действующих параметров и их комбинации.*

Связанные со структурой:

1. Целостность – первичность целого по отношению к частям.
2. Неаддитивность – принципиальная несводимость свойств системы к сумме свойств составляющих её компонентов.
3. Структурность – возможна декомпозиция системы на компоненты, установление связей между ними.
4. Иерархичность – каждый компонент системы может рассматриваться как система (подсистема) более широкой глобальной системы.

Связанные с ресурсами и особенностями взаимодействия со средой:

1. Коммуникативность – существование сложной системы коммуникаций со средой в виде иерархии.
2. Взаимодействие и взаимозависимость системы и внешней среды.
3. Адаптивность – стремление к состоянию устойчивого равновесия, которое предполагает адаптацию параметров системы к изменяющимся параметрам внешней среды (однако «неустойчивость» не во всех случаях является дисфункциональной для системы, она может выступать и в качестве условия динамического развития).

*Экосистемы, как правило, обладают значительным адаптационным потенциалом. Так пойма подвергается сильнейшему воздействию во время паводка. Многие растительные и животные сообщества не выдерживают такого затопления, однако биоценозы поймы прекрасно восстанавливаются после затопления. Это связано как с формированием видов, устойчивых к затоплению, так и с пространственным расположением сообществ – разные виды испытывают в зависимости от расположения различную интенсивность и длительность затопления.*

1. Надёжность – функционирование системы при выходе из строя одной из её компонент, сохраняемость проектных значений параметров системы в течение запланированного периода.

Другие:

1. интегративность – наличие системообразующих, системосохраняющих факторов;
2. эквифинальность – способность системы достигать состояний, не зависящих от исходных условий и определяющихся только параметрами системы.
3. наследственность.

**Структура.** Понятие структуры играет одну из центральных ролей в современной науке. Если в классическом естествознании идеалом научного объяснения было причинное объяснение, то в современной науке явление считается понятым, если найдена его структура. Более того, процедура причинного объяснения включает в себя поиски необходимого характера связи между явлениями.

Общая теория систем опирается на два базовых принципа: **принцип системности** и **принцип изоморфизма.**

**Принцип изоморфизма** понимается как наличие однозначного (собственно изоморфизм) или частичного (гомоморфизм) соответствия структуры одной системы структуре другой. Современные системные исследования позволяют утверждать наличие не только изоморфизма как подобия или строгого соответствия строения систем, но и **общего в функционировании и развитии систем различной природы.**

Оба принципа – принцип системности и принцип изоморфизма – подчеркивают наличие общих системных закономерностей, что не исключает и специфики формирования, функционирования и улучшения логистических систем различных типов. Общие закономерности и пытается вскрыть общая теория систем. Таким образом, целью общей теории систем является отыскание принципов, общих для различных объектов, на основе установленного эмпирическими исследованиями изоморфизма структуры объектов, а также их функционирования и развития. С точки зрения Л. Берталанфи, единая концепция мира основана на изоморфизме законов в различных областях.

Общая теория систем Л. Берталанфи выступает в двух аспектах. В широком аспекте – как основополагающая, фундаментальная наука, охватывающая всю совокупность проблем, связанных с исследованием и разработкой систем. В узком аспекте – как теория, стремящаяся вывести из общего определения системы (как комплекса взаимодействующих элементов) понятия, относящиеся к организованным целым (взаимодействие, сумма, централизация, эквифинальность и т.п.), и применяющая их к анализу конкретных явлений. Общую теорию систем в ее нынешнем состоянии рассматривают как совокупность различных моделей и способов описания систем разного рода.

Строить на этой основе концепции можно различными путями:

- выявлением изоморфизмов (сходных по форме) законов в разных научных областях и построением на этой основе обобщенных научных моделей;

- разбиением изучаемой научной действительности на ряд связанных друг с другом (по горизонтали или вертикали) системных сфер, которые иногда называют **структурными уровнями.**

**Общесистемные закономерности**

**Общесистемная закономерность –** это закономерность, присущая системам различной природы: экономическим, логистическим, биологическим, общественным, техническим и другим системам.

Необходимо знать эти закономерности и целенаправленно использовать их в практике.

Знание, например, гомеостатических общесистемных закономерностей, обеспечивающих поддержание системных параметров в допустимых пределах, позволяет переносить знания о процессах управления в живых организмах на процессы управления в технических системах. Учет системных закономерностей позволяет определять возможности экосистем и выявлять, что можно и что нельзя делать со сложными системами. Универсальные закономерности помогают определять заранее, в каком направлении пойдет развитие системы.

Так, из энтропийной закономерности вытекает важное следствие – зависимость потенциала системы от степени ее организованности или характера взаимодействия структурных элементов системы. Исходя из этой закономерности, можно определить зависимость потенциала системы от потенциала структурных элементов для различной степени организованной системы, что позволяет выработать рекомендации по рациональной организации и управлению системой.

**Все экологические процессы протекают в соответствии с общесистемными законами и закономерностями.**

Рассмотрим объективные универсальные, или общесистемные, закономерности, учет которых позволяет оценивать адекватность действий и выявлять ошибки, допускаемые при управлении сложными системами.

1. **Закономерность возрастания и убывания энтропии или негэнтропии в системе.** Она определяет состояние организованности систем, предопределяет рациональное поведение людей в сложных системах.
2. **Закономерность зависимости потенциала системы от характера взаимодействия элементов или степени организованности системы.**

Из этой объективной закономерности следует, что если взаимодействия структурных элементов (a1,a2*,* ..., an) системы *А* целенаправленны и взаимосогласованны, то систему следует считать хорошо организованной. Чем выше целенаправленность и взаимосогласованность действий элементов, тем выше организованность системы. В организованной системе потенциал *Р* системы *А* многократно превышает сумму потенциалов всех составляющих элементов (подсистем):

Р(А) > [Р(а1)+Р(а2)+...+Р(аn)].

Что касается энтропии экосистемы *А,* она меньше, чем сумма энтропий входящих элементов из-за четкого и согласованного взаимодействия элементов системы. Если при интеграции (объединении) элементов энтропия системы уменьшается, то это означает, что появляется новое интегративное свойство системы, которое до объединения элементов не существовало.

В плохо организованных или неорганизованных системах, когда взаимодействие элементов носит случайный или хаотический характер (когда в системе поведение любого элемента не зависит от поведения всех остальных элементов и каждого в отдельности), потенциал системы равен потенциалу ее отдельного усредненного элемента:

Р(А) = [Р(а1)+Р(а2) + ..+Р(аn)/ n.

Из сказанного следует, что существуют плохо организованные системы, или псевдосистемы, которые не удовлетворяют системным требованиям и в первую очередь интегративным свойствам. У таких псевдосистем потенциал системы равен или меньше суммы потенциалов составных элементов и даже одного отдельного элемента.

**3. Циклический характер функционирования систем.**

**4. Закономерность внутрисистемной и межсистемной конвергенции.** Понятие **конвергенции,** или **процесса конвергенции,** означает взаимовлияние, взаимосближение, взаимопроникновение между собой разных элементов или систем с высокой степенью открытости и разных открытых подсистем внутри одной системы. Различают:

**- внутрисистемную конвергенцию** – процесс или результат взаимосближения, взаимовлияния, взаимопроникновения между собой различных открытых подсистем внутри одной логистической системы;

**- межсистемную конвергенцию –** процесс или результат взаимосближения, взаимовлияния, взаимопроникновения между собой различных открытых логистических систем.

1. **Закономерность системы, заключающаяся в стремлении сохранить равновесие за счет противодействия внешнему возмущению.** Принцип устойчивости гомеостатической системы или закономерность, выражающаяся в стремлении сохранить равновесие со средой, сформулировал А.Л. Ле-Шателье: «Если существующее равновесие системы подвергается внешнему воздействию, изменяющему какое-либо из условий равновесия, то в ней возникают процессы, направленные так, чтобы противодействовать этому изменению». То есть при внешнем возмущении, нарушающем условие равновесия, в системе развиваются противоположно действующие процессы и до определенного уровня возмущения они нейтрализуют эффект внешнего воздействия.
2. **Закономерности устойчивости системы.**

Важно найти связь между устойчивостью всей системы и устойчивостью всех ее отдельных составных частей (подсистем). По Богданову существование системы определяется механизмом организации, который определяет собой закон отношения элементов в комплексе и частей в системе. Основным для существования системы являются ее внутренние взаимоотношения, без которых на нее не могут воздействовать никакие внешние влияния. Эта связь определяется следующим образом: во всякий момент устойчивость всей системы зависит от наименее сопротивляющихся подсистем или наиболее слабых элементов в системе. Эта закономерность гласит, что «где тонко, там и рвется». Структурная устойчивость (неразрушимость, приспособленность) системы определяется наименьшей ее частичной устойчивостью или устойчивостью наиболее слабой подсистемы. Богданов различает два основных типа сохранения системы.

**7. Закономерность расхождения темпов выполнения функций элементами логистической системы (гетерохрония).**

**8. 20 %-я закономерность.** Из статистики следует, что 20 % крупных предприятий создают 80 % всей продукции в мире, в то время как 80 % средних и мелких предприятий создают 20 % продукции, или 20 % населения мира, живущего в странах с самым высоким уровнем доходов, создает 80 % мирового объема внутреннего валового продукта (ВВП). Так, 20 %-я наиболее активная часть ученых создает 80 % научной продукции, а другая, менее активная, 80 %-я часть создает 20 % продукции. Но при этом для создания всей научной продукции обе части одного целого должны существовать.

Эта 20 %-я закономерность распространяется на пчеловодство и даже на муравейник, где также существует 20 %-я активная часть муравьев, создающая 80 % продукции. Если при этом условно выбрать наиболее активную 20 %-ю часть и переселить отдельно, то из них опять образуется новая более активная (20 %-я) и менее активная (80 %-я) части.

**9. Закон системности.** Закон системности утверждает, что любой объект есть объект-система и любой объект-система принадлежит хотя бы одной системе объектов одного и того же рода.

1. **Закономерность перехода с макроуровня на микро­уровень в системах.** В системах основные подсистемы непрерывно развиваются в пределах макроуровня, и они все время становятся более совершенными. Однако неизбежно наступает момент, когда их дальнейшее развитие на макроуровне оказывается невозможным. Тогда система, сохраняя свою функцию, осуществляет принципиальную перестройку и ее составные части начинают функционировать на микроуровне.

**11.Закономерность неравномерного развития составных частей системы.**

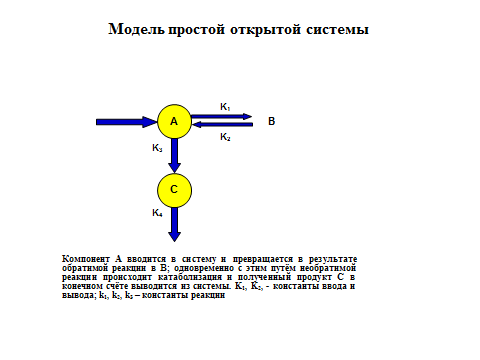
**12. Закономерность увеличения степени идеальности систем.**

**13. Закономерность полноты частей системы.** Для обеспечения эффективного функционирования систем необходимы наличие основных частей системы и их хотя бы минимальная работоспособность.

Эта закономерность утверждает, что система функционирует только в том случае, если все ее части функционируют. Если хотя бы одна часть не функционирует, а остальные части функционируют, то система, очевидно, не функционирует.

Для дальнейшего рассмотрения представляют интерес следующие типы систем: [закрытые системы](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%97%D0%B0%D0%BA%D1%80%D1%8B%D1%82%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0&action=edit) – системы, у которых отсутствует какой-либо обмен энергией, материей и информацией с окружающей средой. Для закрытых систем характерно увеличение беспорядка. [Открытые системы](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D1%82%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0), в отличие от закрытых, обмениваются энергией, материей или информацией с окружающей средой. В открытых системах могут происходить явления [самоорганизации](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B0%D0%BC%D0%BE%D0%BE%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F), [усложнения](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0_%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B6%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC) или спонтанного возникновения порядка. Кроме того, важное методологическое значение приобрели так называемые [диссипативные, самоорганизующиеся системы](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%BF%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0).

Изображая объект как систему, мы лишь получаем возможность подойти к структуре объекта, дальнейший шаг заключается в поиске закономерностей системных отношений целостного объекта.



*Компонент А вводится в систему и превращается в результате обратимой реакции в В; Одновременно с этим путем необратимой реакции происходит катаболизация и полученный продукт С в конечном счете выводится из системы. К1,К2, К3, К4– константы реакции.*

Рис. 3.4. *Модель простой открытой системы*. По [24]

Экологическая система (ЭС) представляет собой сложную многокомпонентную систему (сложность ЭС описана ниже). Каждый из компонентов выполняет определенную функцию на разных стадиях функционирования экологической системы. Экологическая система Поймы состоит из следующих основных функциональных подсистем:

1. Водно-болотные угодья (ВБУ) основная, определяющая подсистема ЭС, через которую «замыкаются» все взаимосвязи остальных компонентов. ВБУ состоят из нескольких водных объектов – озер, ериков, проток и т.д.

2. Почва, состоящая из многих компонентов, включая абиотические факторы и биоценозы почвы. В результате взаимодействия компонентов почвы образуется «действующая на данный момент биотическая почвенная среда» (ДБПС). Затем между ДБПС и биотой протекают обменные взаимодействия, в результате которых идут изменения как почвы, так и самой биоты. Указанные взаимодействия протекают преимущественно как гетерогенный процесс, для которого важна структура и величина межфазной поверхности. На поверхности компонентов имеется избыточная поверхностная энергия, что приводит к активации многих физико-химических процессов. Активирование происходит на поверхности микрочастиц, а соединения с поверхностно-активными свойствами выполняют функции катализаторов межфазных реакций. В связи с этим структура и свойства почвы зависят не только от характера химических реакций, но и от коллоидно-химических факторов. Важно, что в почве не просто формируется некая биота, но и сообщества микроорганизмов, осуществляющих усвоение азота из воздуха. Поэтому нарушение оптимальной структуры почвы в результате интенсивной обработки почвы, а также внесение избыточного количества удобрений отрицательно влияет на сформировавшиеся физико-химические превращения, а избыточное количество удобрений, гербицидов и других реагентов губительно действует на сформировавшуюся микрофлору почвы.

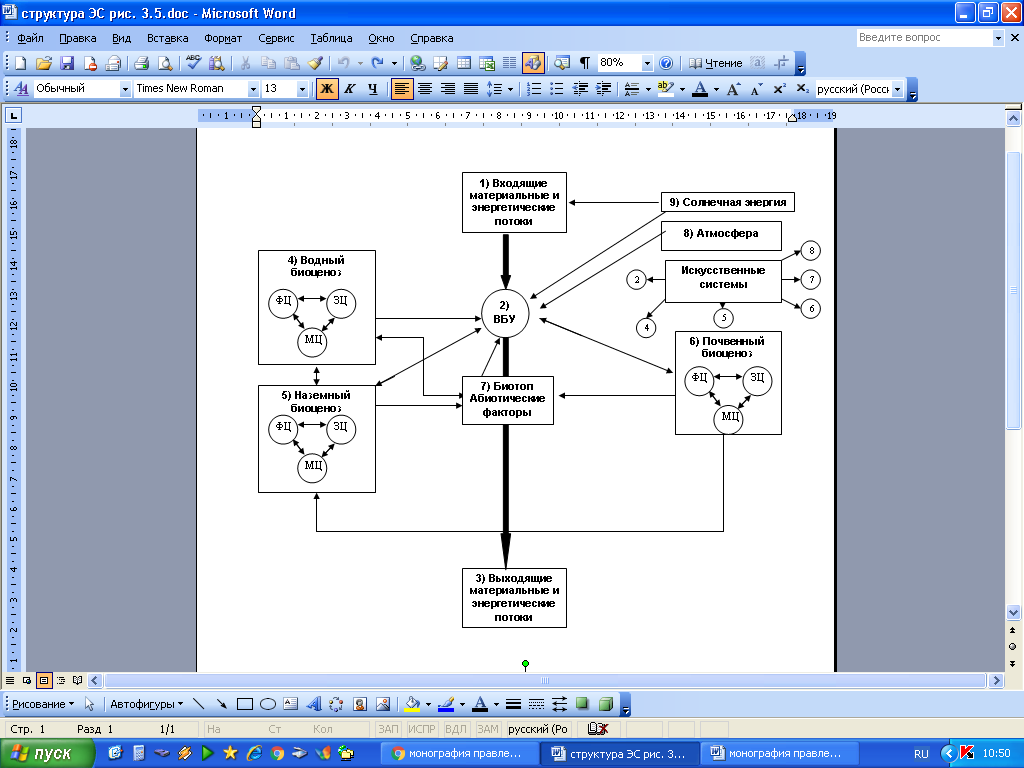
3. Флора – растения, водные и наземные играют важнейшую роль в формировании экосистемы. Нарушение характерного для поймы баланса различных видов растений ведет к нарушению и даже деградации экосистемы поймы. Характерный пример – чрезмерно разросшиеся заросли тростника или появление растений, нехарактерных для поймы, но интесивно в ней распространяющихся и вытесняющих «традиционные» виды, например, интенсивно размножающийся лох серебристый. Лох интенсивно размножается корнями (вегетативно) и избавиться от него, как и от тростника, чрезвычайно трудно.

4. Фауна. Прежде всего, рыбы. Особенностью поймы является не просто наличие в водоемах рыб, а их нерест. Поэтому появление огромного количества мальков требует для них кормовой базы, но, в свою очередь, они сами являются кормом для многих рыб и других животных. Появление не без участия человека в огромном количестве карася серебристого (гибрида или «душмана») привело к чрезмерному уничтожению им икры других рыб и, в результате, резкому снижению видового «рыбного» разнообразия. Особое место занимает наличие в пойме во время нереста огромного количества комаров и мошки – одного из главнейших компонентов корма для рыб и птиц. Важным является и наличие птиц, обеспечение их миграции. Уменьшение количества даже воробьев приводит к взрывообразному размножению мух и возникающим при этом проблемам. Можно привести много цепочек взаимодействия в подсистеме фауна и их нарушению в результате деятельности человека.

5. Атмосфера. В пойме сравнительно чистый и влажный воздух, формирующийся, прежде всего, самой поймой, но и влияющий на функционирование ее подсистем. Увеличение объема хозяйственной деятельности и повышение интенсивности транспортных потоков приводит не только к загрязнению воздуха, но и увеличению шума, что пагубно для многих видов, прежде всего птиц.

6. Искусственные подсистемы – искусственные биотехногеоценозы, сельхозугодья, поселения, фермы и т.п.

В каждую функциональную подсистему входят несколько других подсистем и взаимодействующих компонентов.



**Водно-болотные угодья; ФЦ – фитоценоз; ЗЦ – Зооценоз; МЦ - Микробиоценоз**

Рис. 3.5. *Схема взаимодействия основных функциональных*

*подсистем Волго-Ахтубинской поймы*

Как видно из рис. 3.5, экосистема поймы в формализованном представлении – это система централизованного типа (центральной подсистемой, на которую «замыкаются» остальные подсистемы, являются водно-болотные угодья). Сложная структура взаимосвязи компонентов экосистем показывает, что изменения количеств и качеств того или иного компонента, тем более замена его другим, вызывает изменение по всей системе взаимосвязей. Системный подход предполагает не только декомпозицию изучаемой системы на подсистемы, но и учет как можно большего числа связей не только внутренних, но и внешних (поскольку данная система является подсистемой другой системы).

**3.12.2. Функционально-физический анализ**

Одним из методов системного подхода является также функционально-физический анализ, при котором экосистема рассматривается как система, осуществляющая операции преобразования некоторых входных воздействий в выходные. При этом основное внимание уделяется не материальной структуре объекта, а функциональным преобразованиям потоков вещества и энергии [30]. Внешние потоки вещества и энергии через функциональные системы воздействуют на экологическую систему и вызывают в ней различные физико-химические превращения (ФХП). Они приводят к изменению структуры экосистемы на разных уровнях.

Описание физической операции преобразования входных воздействий в выходные формализовано можно представить состоящим из трех компонентов [30]:

Q = (AT, E, CT) или Q = (AT → E → CT), (3.1)

где AT – входной поток вещества или энергия, или другой входной фактор; CT – выходной поток или фактор; E – операция по превращению ATв CT.

В экосистемах большинство компонентов экосистем связаны химическими или физическими связями. Каждый из компонентов выполняет определенную функцию и реализует определенную физическую или химическую операцию (ФХО). Физические, химические и механические связи между компонентами и фазами образуют определенную функциональную структуру системы (ФФС). Аналогией этой структуры является конструктивная функциональная структура машин. ФФС можно представить как граф, вершинами которого являются наименования компонентов, а ребрами – их функции.

Кроме функциональных связей, между компонентами системы имеются еще потоковые связи, т.к. системы преобразуют поток проходящих через систему веществ и энергетических воздействий. Такой проходящий через ЭС поток, подвергаемый определенному преобразованию, называют потоком преобразований. Этот поток определенным образом объединяет и связывает компоненты ЭС и, соответственно, их ФХО в потоковую функциональную группу (ПФС). ПФС представляет собой граф, вершинами которого являются наименования компонентов или функциональных систем ЭС, или наименование операций преобразования Е (например, операций Коллера), а ребрами – входные А и выходные СT потоки или факторы.

В ПФС каждый ее элемент реализует определенную ФХО. Такая реализация происходит на основе одного или нескольких физико-химических или биологических эффектов (ФЭ).

Необходимо ввести следующее условие: ФЭ может реализоваться не только одним из компонентов экосистемы, но и их совокупностью, которую можно выделить в определенную функциональную систему. Например, прохождение тепла через систему осуществляется всеми компонентами, поэтому в системе можно выделить теплопроводящую систему. Водный поток (аналог диффузии) проходит по ерикам и границе раздела между полимером и наполнителем, т.е. с помощью диффузионной функциональной системы.

Физико-химические операции преобразования можно обобщенно описать с помощью операций Коллера.

Поскольку ФХП и структурные изменения протекают с различной скоростью, то необходимо учитывать гетерохронный характер изменений в системе. В результате все протекающие в экосистемах процессы меняют свои структурные и функциональные характеристики, поэтому можно говорить о системном изменении ЭС или о системогенезе ЭС.

Описанное взаимодействие ЭС с внешней средой представлено на рис. 3.6 в виде концептуальной схемы.

**3.12.3. Термодинамический подход**

Пойма является неравновесной открытой и сложной термодинамической системой. Такие системы даже без вмешательства человека способны как к самоорганизации, так и к самопроизвольной деградации. Эти процессы мы наблюдаем даже в случае сравнительно более простых систем, например, отдельного озера. В течение длительного времени такие системы могут находиться в неравновесном, но стационарном состоянии. В стационарном состоянии система поддерживается при определенных условиях за счет внутренних процессов и внешних воздействий.

Условиями самоорганизации и поддержания системы в стационарном состоянии являются:

Открытость системы – способность системы обмениваться веществом и/или энергией с внешней средой.

Функциональные структуры

Системогенез

Гетерохрония изменений в системе

Физико-химические превращения

Структурная организация

Внешняя среда

Рис. 3.6. *Концептуальная схема взаимодействия экосистемы с внешней средой*

Нелинейность протекающих в системе процессов.

Отклонение системы от равновесного состояния больше некоторых критических параметров [31].

Кооперативное (согласованное) поведение элементов или процессов в системе.

В стационарном состоянии система может находиться неопределенно долго. В этом состоянии, согласно теореме Пригожина, производство энтропии – минимально. Иначе говоря, производство беспорядка, протекание дезорганизующих процессов минимально.

При отклонении параметров системы за пределы некоторых критических значений система может попасть в точку бифуркации и от небольших воздействий может перейти в другое состояние, пойти по другой эволюционной ветви.

Изолированная система с течением времени стремится к состоянию равновесия, характеризуемым максимумом энтропии S (система деградирует). Изменение энтропии в такой системе ДS>0.

В открытой системе энтропия может и уменьшаться (ДS< 0) за счет притока отрицательной энтропии из окружающей среды (негэнтропии) с веществом и энергией. Внутри самой системы энтропия всегда увеличивается ДSi>0. Общее изменение энтропии будет:

ДS = ДSi + ДSe (3.2)

ДS< 0, если ДSe< 0 и ДSe> ДSi (3.3)

С термодинамической точки зрения в этом случае в системе будет происходить самоорганизация с увеличением степени упорядоченности системы. Если состояние системы в неравновесном состоянии не зависит от времени, то такое состояние системы называется стационарным.

В стационарном состоянии, согласно теореме Пригожина, производство энтропии в системе в течение времени минимально:

dS/dt = min (3.4)

Это очень важное достижение современной термодинамики применимо ко всем сложным системам, в том числе, экологическим. По существу, сложные системы поддерживают свой «порядок», свою целостность при указанных условиях.

Стационарное состояние, к которому стремится система, является неравновесным состоянием, в котором диссипативные процессы происходят с ненулевыми скоростями, но все величины, описывающие системы (например, Т – температура, с – теплоемкость) перестают в нем зависеть от времени (это в идеальном случае, в экологической системе можно говорить лишь о постоянстве величин в некоторых пределах). Важно отметить, что не зависит от времени и энтропия S (мера беспорядка в системе).

Важно, что в открытых системах могут из пространственно-однородного состояния образовываться самопроизвольно (самоорганизовываться) пространственно-временные структуры с большим порядком, чем окружающая среда. Этот процесс мы сплошь и рядом наблюдаем в экологических системах как формирование сложно организованного биоценоза, системы естественных водоемов с окружающей растительностью и т.п. В этом плане можно считать экологические системы синергическими, т.е. системами, способными к самоорганизации.

Если система не будет получать извне потока отрицательной энтропии с веществом и энергией, или будет получать недостаточно (ДSe = 0 или ДSe< ДSi), то она неизбежно деградирует. Это наблюдается и в природных системах – так деградирует непроточный водоем, не имеющий биоценоза с активным газообменом [31].

Современные термодинамические методы могут применяться не только для выявления возможности или невозможности протекания процессов, а как методы, позволяющие найти новые технические решения.

Экосистему можно рассматривать как неравновесную открытую систему, т.е. систему, обменивающуюся со средой веществом (или энергией) [28-29]. Обмен веществом и энергией осуществляется за счет теплопроводности, диффузии компонентов среды в экосистему. В этих условиях система находится в неравновесном состоянии и удаление от равновесия тем больше, чем интенсивнее воздействие на систему и, соответственно, интенсивнее массо- и энергообмен со средой. Наличие реакционноспособных компонентов в материале увеличивает отклонение от равновесия и приводит к большей интенсивности массо- и энергообмена.

Важно, что энтропия открытой системы может уменьшаться за счет отдачи энтропии в среду (*deS*<0) и при условии, что |*deS*|<>|*diS*|. Тогда, несмотря на то, что *diS*>0 (в соответствии со вторым законом термодинамики), *dS*<0.

Уменьшение энтропии открытой системы означает, что в такой системе начинают протекать процессы самоорганизации, упорядочивания, формирования особых пространственно-временных диссипативных структур, поддерживающих устойчивое состояние системы.

Обеспечение потока отрицательной внешней энтропии может быть осуществлено как за счет специально организованного внешнего воздействия, например, искусственно созданного градиента концентраций, температур, потенциалов, так и за счет химических реакций, приводящих к выводу из системы высоко энтропийных продуктов и обогащению ее низкоэнтропийными (примером является поликонденсационная система с отводом побочного продукта).

Анализ поведения экосистем и происходящих в них физико-хи­мических процессов показывает возможность выполнения в них указанных выше условий самоорганизации, а значит и возникновение упорядоченных пространственных или временных структур, стабилизирующих систему. Необходимо только обеспечить особые внешние и внутренние условия для этого.

Одним из крупнейших достижений термодинамики 20-го века было установление Онзагером принципа взаимодействия сил и потоков, действующих на систему. Как известно, термодинамическая сила, приложенная к системе, вызывает соответствующий поток, – так приложенное электрическое напряжение вызывает электрический ток, создание разности температур вызывает тепловой поток.

Согласно принципу Онзагера существует определенное сопряжение действующих сил и потоков, – если на систему действуют две силы, то они взаимно влияют на соответствующие потоки. Так приложение напряжения и разности температур вызывает дополнительный эффект – изменение силы тока. Аналогичные эффекты могут возникать и в экологических системах. Это затрудняет прогнозирование поведения систем, на которые действует множество входных факторов.

Когда в неравновесной системе протекает несколько необратимых процессов, то они налагаются друг на друга и вызывают появление нового эффекта. Например, возникновение термоэлектричества при наложении тепло- и электропроводности. Необратимые эффекты могут быть обусловлены градиентом температуры, концентрации, электрического потенциала, химическим потенциалом и т.д. В термодинамике все эти величины носят название «термодинамических» или «обобщенных сил», обозначаются через *X*. Эти силы вызывают необратимые явления: поток тепла, диффузионный ток, химические реакции и другие потоки, называемые обобщенными и обозначаемыми через *J* .

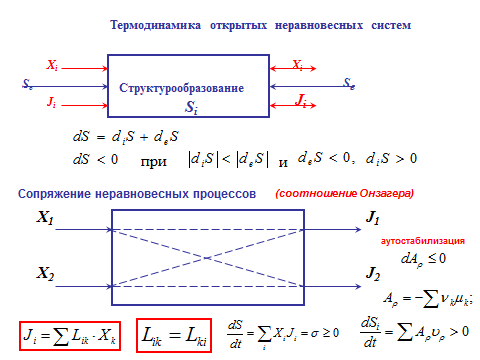


Рис.3.7. *Термодинамика открытых неравновесных систем и сопряжение неравновесных процессов*

В общем случае любая сила может вызвать любой поток, это отражено в известном уравнении Онзагера:

* (i=1,2,…n)* (3.5)

Коэффициенты *L*ik называют феноменологическими коэффициентами.

Изменение энтропии во времени является суммой произведений обобщенных сил и обобщенных потоков:

 (3.6)

где  – скорость продукции энтропии в единице объема.

Условие  относится к сумме  в целом. Отдельные члены этой суммы могут быть и отрицательными, это означает, что отдельные потоки *Ji* невозможны, т.к. *XiJi*>0 (противоречие второму началу). Однако при сопряжении с другими потоками, которым отвечают положительные значения *ХiJi*>0, в открытой системе оказывается возможным поток, немыслимый в системе замкнутой. Так, при термодиффузии поток вещества идет в направлении, противоположном направлению падения концентрации, т.к. он сопряжен с потоком теплоты, идущим от горячей стенки к холодной. Аналогичный процесс происходит и при электродиффузии. По мере приближения системы к стационарному (но не равновесному) состоянию стремится к минимальному значению, которое зависит от заданных условий.

Если система отклоняется от стационарного состояния, то в силу стремления производства энтропии к минимуму, согласно теореме Пригожина (экстремальном принципе) о минимальности скорости производства энтропии в стационарном состоянии, в ней должны наступить такие внутренние изменения, которые будут стремиться приблизить систему к стационарному состоянию. Это явление аутостабилизации представляет собой расширение на стационарные неравновесные системы принципа Ле-Шателье, применимого для химического равновесия.

Пойма – проточная система. Поэтому она является открытой системой. Открытость поймы как системы обеспечивается поступлением воды из Ахтубы, осадками, газообменом с атмосферой. Главный параметр открытости поймы – поступление воды во время паводка. Пойма заливается водой на больших площадях, обеспечивается заполнение ериков, озер и болот. Но приток паводковых вод должен быть не меньше критических значений – 27 м3/с во время пика паводка. Вторым критическим параметром является продолжительность паводка, соответственно, общий объем поступаемых в пойму паводковых вод. В природной экосистеме устанавливается согласование процессов во флоре и фауне. Обводнение поймы во время паводка создает необходимую кормовую базу, способствует нересту, размножению молоди рыб.

Необходимо отметить, что в природе не всегда все происходит идеально – случаются природные катаклизмы, резкие климатические изменения. В этом случае экосистемы и без влияния человека могут выходить из стационарного состояния, деградировать и даже разрушаться.

Волго-Ахтубинская пойма является подсистемой в зоне с очень неустойчивым климатом. По существу, климатические и природные особенности в местности вокруг поймы (засушливая степь, резкий континентальный климат) «противоречат» особенностям природного состояния поймы – достаточно влажной лесистой местности с многочисленными озерами и даже болотами.

Поддержание поймы в ее стационарном состоянии возможно только за счет паводкового обводнения и сформировавшейся системе озер и ериков. Ерик – совершенно особый уникальный природный объект, характерный для поймы. Он периодически проточен и повышает открытость поймы как термодинамической системы.

**При нежелательных критических отклонениях природной системы ей нужно «помогать».**

И тут воздействие человека может быть благоприятным фактором – организация орошения, борьба с вредителями, выкос сухостоев и вырубка сухих деревьев – это помощь природной системе.

Оптимальная сельскохозяйственная деятельность также способствует сохранению поймы и увеличению ее экологической емкости. Так, выращивание овощных культур потребовало проведения орошения с помощью подачи воды в пойму насосными станциями. Проложенные в пойме небольшие каналы способствовали увеличению биоразнообразия в пойме; так, наряду с оросительными функциями, они стали и дополнительными природными объектами со «своей жизнью».

Работа дождевальных установок также способствовала дополнительному обводнению поймы в засушливый период. Конечно, и в этом случае нельзя выходить за критические параметры, – чрезмерное орошение может привести к засолению почв.

Излишне большие площади, занятые под овощные культуры приводят к уменьшению биоразнообразия и, как следствие, к негативным изменениям видового состава животных и растений в пойме.

Умеренное развитие скотоводства способствует выкосу травы и, как следствие, уменьшению количества сухостоев, одной из главных причин пожаров в пойме. Выпас скота также уменьшает количество сухостоя, а естественное появление навоза на лугах также является полезным для увеличения биоразнообразия в пойме.

Безусловно, полезным для поймы явились массовые высадки дуба в пойме. Дубравы поймы – рукотворные создания, ее украшение. Хотя нужно отметить уязвимость дуба к различным вредителям. Дуб медленно, в силу своего долголетия, приспосабливается к изменениям окружающей среды, особенно при его размножении саженцами. Известно, что количество насекомых, губящих дуб, неуклонно растет. В этой связи, правильными являются предложения по высадке сосен на относительно засушливых участках поймы, особенно на грядах. Конечно, и дубы, и сосны нуждаются в защите от вредителей, в том числе, с помощью обработки химикатами.

Но основной защитой все-таки должно быть необходимое количество птиц, уничтожающих вредителей. Роль птиц в пойме трудно переоценить. С термодинамической точки зрения, птицы – это элемент, способствующий кооперативным процессам взаимодействия биологических процессов в пойме и, в конечном счете, ее самосохранению.

**3.12.4. Оценка сложности поймы как системы**

Пойма – сложная в географическом и гидрологическом плане система.

Оценка сложности систем приведена в [30, 32-34].

Оценку гидрологической сложности природной системы предлагается провести по формуле (Каблов В.):

Собщ = mlgn, (3.7)

где n – общее число гидрологических объектов,

m – число типов объектов (озера, ерики, протоки, старицы, болота, пруды, водохранилища, ильмени, лиманы реки и т.п.).

В пойме более 2,5 тыс. водных объектов не менее 10 типов.

Собщ = 10х3.398= 33,98

Аналогично можно провести оценку географической сложности.

Безусловно, важна насыщенность территории водными объектами. Поэтому целесообразно отнести показатель сложности к площади природной системы

С = Собщ/S (3.8)

Насыщенность поймы разнообразными водными объектами чрезвычайно велика, и, поэтому пойму можно отнести к наиболее сложным природным системам.

Количественная оценка сложности поймы требует детального анализа и представляет предмет самостоятельных исследований.

Говоря о биоразнообразии как системном факторе, стоит отметить, что согласно принципу Эшби, для устойчивой системы разнообразие системы должно быть не меньше разнообразия среды. С увеличением разнообразия системы в ней устанавливается множество связей, повышающих целостность и устойчивость системы.

Разнообразие системы, от которой зависит устойчивость, потенциальная эффективность и приспособляемость системы определяется по показателю Г. Симпсона как:

n

V =1- Σ pi2 (3.9)

или по К. Шеннону:

n

Vs =1- Σ pi lg pi (3.10)

где V, Vs – индекс разнообразия; pi – относительная численность i – вида элементов в совокупности n видов (Σ pi=1)

В сложных системах с множеством параметров (к таким системам, безусловно, относятся и экологические системы) важное значение имеет характер взаимосвязи параметров, и их взаимозависимое изменение во времени. Поведение многофакторных динамических систем с взаимозависимыми параметрами описывается системой дифференциальных уравнений Лоренца.

Существенно, что существуют такие соотношения параметров и их производных, когда система становится неуправляемой и ее поведение становится хаотичным (система описывается так называемым «странным аттрактором»).

В этом состоянии даже малейшие изменения параметров могут привести к непредсказуемому состоянию системы. С практической точки зрения, важно не допустить такого сочетания параметров и не допустить вхождения системы в такое состояние.

Проблемы, связанные с восстановлением Поймы весьма серьезные. Высохшее озеро можно наполнить, но этот наполненный водой водоем не скоро станет снова озером. Должен восстановиться сложный биоценоз озера – начиная с донных организмов (бентоса), микроорганизмов, червей, моллюсков, насекомых во всех слоях воды, рыб, птиц, донной и прибрежной растительности и так далее. И даже в результате этого природная система не придет к первоначальному виду. Этому вопросу посвящены отдельные разделы книги (гл. 2 и 7). Одним из авторов (Каблов В.Ф.) предложен термин «петля экологического гистерезиса» (определенным образом это процесс соотносится с процессом сукцессии).

Процесс восстановления экологической системы идет по несколько иному пути (неравновесный процесс), чем процесс деградации (утрата видов). В восстановленной системе число видов отличается от числа видов в исходной, как правило, число видов уменьшается. Изменяется и состав. Процесс может протекать очень длительно и практически никогда экосистема не возвращается в исходное состояние. Поэтому процесс сохранения экосистем должен носить упреждающий характер. Существуют некоторые относительно небольшие отклонения от равновесия, при которых систему можно восстановить полностью или процесс произойдет самопроизвольно.

1

2

t

n

np

Рис. 3.8. *Петля «экологического гистерезиса»*

n – число биологических видов в природной экосистеме, n1 –число видов в исходной системе, n2 – число видов в восстановленной системе; np – число утраченных видов np = n1- n2 ; t – время негативного воздействия на систему;

1 – процесс деградации системы; 2 – процесс восстановления системы

**3.12.5. Нелинейная динамика поймы. Кинетика и синергетика. Поведение нелинейных неравновесных систем**

В последние десятилетия в научной литературе все большее внимание уделяется экосистемам, как сложным нелинейным открытым образованиям [35-38], которые проходят в своем развитии путь постоянных бифуркаций и испытывают разного рода нагрузки и колебания, но устойчиво существуют во времени и пространстве.

Нелинейный анализ и синергетика сложных систем, к которым относятся и экосистемы, позволяет подойти к поиску устойчивых состояний и структур на основе принципов самоорганизации. При этом важно следующее:

1.Таких состояний для всякой сложной системы может быть несколько, поэтому, скорее всего, при восстановлении мы придем к некоторому другому, отличному от первоначального состоянию.

2. Существует механизм преодоления хаоса, деградации на основе конкуренции двух начал – хаотического, рассеивающего начала, и начала, наращивающего самоорганизацию.

3. Существует и выработанный природой способ экономии, сжатия процессов эволюции во времени. Это резонансное возбуждение. Малое, но правильно организованной воздействие, говорил Лейбниц, «в свое время и в своем месте», оказывается чрезвычайно эффективным [38]. Найти такие воздействия при восстановлении экосистемы – чрезвычайно важная задача.

Нелинейность поведения ЭС усиливается по мере приближения параметров к критическим. Одновременно растет и неустойчивость материалов – структурная устойчивость и динамическая устойчивость (по Ляпунову). В то же время, нелинейные системы могут иметь при некоторых значениях параметров и зоны устойчивости.

При воздействии внешних факторов на систему можно выделить два режима функционирования: нормальный режим и функционирование в экстремальных условиях, для нормального режима характерно относительно медленное и плавное изменение показателей в процессе эксплуатации. Такие изменения показателей, как правило, описываются линейными зависимостями, линейными участками нелинейных зависимостей или уравнениями типа аррениусовских. При нормальном режиме действующие значения факторов (температура, влажность, концентрация компонентов среды и т.п.) находятся далеко от пределов работоспособности системы. При экстремальных условиях значения действующих факторов системы приближаются к пределам работоспособности или даже попадают в область «неработоспособности». Система в этом режиме катастрофически быстро выходит из строя. Изменение показателей описывается, как правило, нелинейными, в т.ч. экстремальными зависимостями. Долговечность, тем не менее, может быть в некоторых случаях достаточной – при определенных, не слишком отклоняющихся от критических значений параметров, а также в случае особенностей структуры экосистемы, применения различных способов защиты экологических систем и т.п. Наконец, долговечность экосистем может быть существенно повышена при введении в ее состав функционально-активных подсистем, обеспечивающих защиту экологической системы [36].

Нелинейность поведения экосистем усиливается по мере приближения параметров к критическим. Одновременно растет и неустойчивость систем – структурная устойчивость и динамическая устойчивость (по Ляпунову). В то же время, нелинейные системы могут иметь при некоторых значениях параметров и зоны устойчивости. Так система с автокатализом или автоингибицией может описываться уравнением

х = –*кх–к1х3* (3.11)

где х – изменение какой-либо характеристики, k и k1 – параметры, характерные для данной системы.

При k >0 такая система имеет единственный действительный корень X = 0, соответствующий устойчивому состоянию, а при k<0 - три действительных корня, из которых X = 0 становится неустойчивым, а устойчивыми оказываются два крайних корня *Х* 2,3 = . Видно, что при переходе значения параметра через 0 в отрицательную сторону теряется устойчивость состояния исходного, но взамен возникает два новых устойчивых состояния: происходит усложнение (дифференцировка) системы путем бифуркации (расщепления) исходного устойчивого состояния [39].

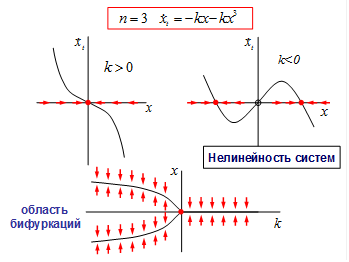


Рис.3.9. *Исследование уравнения х =–кх–к1х3 (к1>0*) [39].

Математический анализ показывает, что при достаточно сильной нелинейности может происходить усложнение структуры системы с образованием устойчивых состояний. Усложнение структуры системы еще более многовариантно в системах с двумя и более переменными.

Системы в состоянии неустойчивости особенно чувствительны к небольшим внешним воздействиям, которые могут приводить не только к разрушению системы, но и напротив, переводить ее в новое стационарное состояние, которое хотя и не является равновесным, но характеризуется достаточной стабильностью. Таким образом, системы, находящиеся в нелинейной области, характерной для экстремальных условий эксплуатации, могут стабилизироваться с помощью внутренних или внешних «управляющих» воздействий [25, 28].

Во многих случаях поведение экологических систем описывается особыми нелинейными зависимостями, характерными для «теории катастроф» [29,40-44].

Теория катастроф является весьма элегантным результатом применения топологии к системам, которые обладают четырьмя основными свойствами: бимодальностью, разрывностью, гистерезисом и дивергенцией. О бимодальности говорят, когда для системы характерно одно из двух (или более) состояний, а свойство разрывности предполагает, что между этими двумя состояниями оказывается сравнительно мало индивидов или наблюдений. Хороший пример как бимодальности, так и разрывности дает характерное деление организмов на самцов и самок. Наличие случайных организмов неопределенного пола не создает серьезных препятствий для распознавания этих двух состояний, а теория предполагает такой разрыв между состояниями, что любой индивид может без труда быть отнесен лишь к одной из категорий. О разрывности говорят и тогда, когда малые изменения какой-либо переменной, в том числе времени, вызывают большие изменения в поведении или состоянии. Гистерезис проявляется в том, что система обладает четко выраженной замедленной реакцией на некое воздействие, причем эта реакция идет по одному пути, когда воздействие возрастает, и по другому, когда оно убывает.

Труднее описать свойство дивергенции, характерной особенностью которого является то, что близкие начальные условия эволюционируют к значительно удаленным друг от друга конечным состояниям. В приложениях таких моделей к динамике популяций, например, начальные условия чуть выше или чуть ниже вполне определенных порогов, часто расходятся к принципиально разным конечным состояниям.

Простейший тип катастрофы иллюстрируется рис. 3.10, на котором изображена катастрофа, именуемая складкой. Предполагается, что система сначала находится в точке *А* на нижней ветви складчатого многообразия. С ростом переменной р переменная х тоже возрастает, так что система переходит через точку *В* и достигает точки *С*. В данной точке переменная *р* пересекает особенность *S1*, и система совершает «катастрофический» скачок на верхнюю ветвь многообразия в точку *C’*. Дальнейшее возрастание переменной уводит систему далее за точку *D*.

Если же переменная р начинает теперь убывать, то система продолжает следовать вдоль верхней ветви многообразия через точку *Е* к точке *F*. В этой точке переменная *р* пересекает особенность *S2*, и система совершает «катастрофический» возврат на нижнюю ветвь многообразия в точку *F’*, после чего дальнейшие изменения переменной *р* ведут систему либо к точке *А*, либо к точке *B* до тех пор, пока она вновь не пересечет особенность *S1*.

Простая катастрофа «складка» довольно хорошо иллюстрирует свойство бимодальности, представленное двумя ветвями складчатого многообразия, и свойство разрывности, представленное резкими скачками с одной ветви на другую, в особенностях *S1* и *S2*. Гистерезис иллюстрируется тем, что траектория системы при уменьшении *р* после пересечения особенности отличается от траектории, по которой движется система при увеличении *р*. Следует пожалуй отметить, что конкретная форма функции, связывающей х и р на многообразии, не важна – лишь бы в проекциях *х* на *р* сохранялась особенность типа складки [29] .

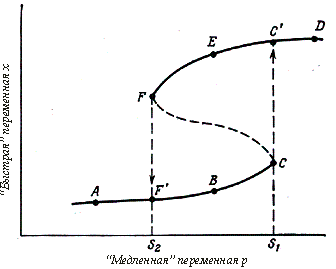


Рис. 3.10. *Изображение катастрофы «складка»*

Простейшая из эквивалентных функций, представляющих катастрофу «складка», задается многочленом третьей степени:

*f(x,p)= -(x33-x2+p)* (3.12.1)

**3.12.6. Пример катастрофы в экосистеме**

Рассмотрим изменение числа особей рыб в экосистеме (в озере, в пойме, с течением времени) при некотором постоянном водосодержании u, число особей будет монотонно уменьшаться, кривая С1.

На рис. 3.11. показана ситуация изменения количества особей рыб в экосистеме (озере, в целом в пойме), описываемая поверхностью (особенностью) «складки» по уравнению

*f(x1)= -(x33-x2+p)*  (3.12.2)

При *x1 < x1кр* системе может произойти катастрофическое уменьшение числа особей – произойдет резкое уменьшение числа особей из-за их массовой гибели в пересыхающем водоеме – кривая *С3*. Может сложится ситуация, что в один момент времени система может находится в точках *А* и *Б* (перед пересыханием число особей снижается некритично, но уже при небольшом изменении времени, количество особей резко уменьшается, происходит катастрофа).

Реальный путь скорее будет происходить по траектории *С2*, когда с течением времени будет изменяться водосодержание. В точке *А2* произойдет катастрофа.

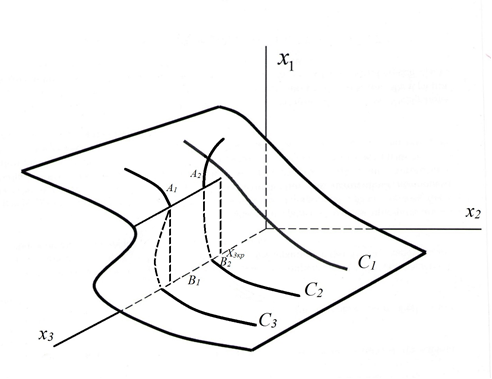


Рис. 3.11. *Зависимость числа особей в экосистеме от внешних условий – пример катастрофы в экосистеме.*

Учет большего количества действующих факторов рассмотрен на примере модели действующей фирмы [45].

**3.12.7. Экстремальная зависимость экологических параметров от интенсивности действия внешних факторов**

Нелинейность экосистем характеризуется еще одним весьма существенным фактором – экстремальной зависимостью экологических параметров от интенсивности действия внешних факторов (рис. 3.12).

Понятие о том, что наравне с минимумом лимитирующим фактором может быть и максимум, ввел спустя 70 лет в 1913 г. после Либиха, американский зоолог В. Шелфорд. Он обратил внимание на то, что ограничивать развитие живых организмов могут не только те экологические факторы, значения которых минимальны, но и те, которые характеризуются экологическим максимумом, и сформулировал закон толерантности: «лимитирующим фактором процветания популяции (организма) может быть как минимум, так и максимум экологического воздействия, а диапазон между ними определяет величину выносливости (предел толерантности) или экологическую валентность организма к данному фактору)» (рис. 3.12).

Благоприятный диапазон действия экологического фактора называется зоной оптимума (нормальной жизнедеятельности). Чем значительее отклонение действия фактора от оптимума, тем больше данный фактор угнетает жизнедеятельность популяции. Этот диапазон называется зоной угнетения или пессимума. Максимально и минимально переносимые значения фактора – это критические точки, за пределами которых существование организма или популяции уже невозможно. Предел толерантности описывает амплитуду колебаний факторов, которая обеспечивает наиболее полноценное существование вида [44]

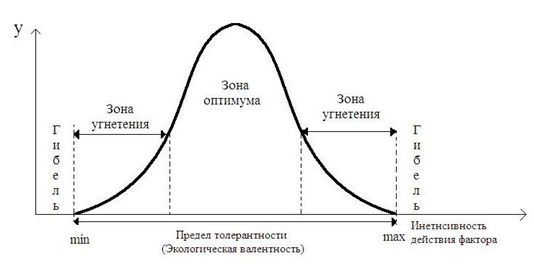


Рис. 3.12. *Зависимость результата действия экологического фактора от его интенсивности*

Оценка экологических стратегий – это попытка оценить то, как экологическая система будет реагировать на вмешательства как человека, так и природы. Такие вмешательства могут угрожать существованию системы, однако при тщательном учете способны принести и пользу. Примеры того, как экологические системы отвечают на различные внешние воздействия, составляют основу нашего понимания их структуры и поведения.

Четыре свойства определяют то, как экологические системы отвечают на изменения и, следовательно, как должны разрабатываться стратегии и оцениваться вмешательства.

1. Части экологической системы связаны друг с другом избирательно, это важно для определения того, что именно необходимо измерять.

2. События не однородны в пространстве, этим определяется насколько интенсивными будут воздействия и где они произойдут.

3. Резкие изменения в поведении обычны для многих экосистем. Традиционные методы контроля и оценки воздействия на окружающую среду искажают картину, создавая представление о неожиданности или противоестественности таких изменений.

4. Изменчивость, а не постоянство – характеристика экологических систем, которая вносит вклад в их живучесть и способность к самоконтролю и самовосстановлению (Холинг).

Волго-Ахтубинская пойма ежегодно подвергается поистине стрессовому воздействию в виде половодья, во время которого значительная часть поймы затапливается на срок более месяца. Это большое испытание для многих растений и животных. И, тем не менее, после каждого половодья пойма возрождается снова и снова, демонстрируя большие адаптационные возможности. Не менее удивительна способность поймы противостоять засухе и низкому уровню половодья, конечно, до определенных пределов. Даже катастрофически маловодные 2006 и 2015 годы не смогли погубить пойму, хотя и нанесли ей огромный ущерб. Во многом такая устойчивость поймы связана с развитой водоаккумулирующей подсистемой (водно-болотные угодья, относительно большие запасы почвенной влаги, хорошо сбалансированные растительные биоценозы), большим биологическим разнообразием. Нельзя не отметить и положительную человеческую деятельность – закачка воды в ерики с помощью насосных станций, удержание воды в ериках, строительство оросительных систем. Нельзя, конечно, абсолютизировать принцип Коммонера, что все связано со всем. Учет избирательности и различной интенсивности взаимосвязей разных подсистем поймы позволяет более эффективно походить к решению задач по сохранению и восстановлению поймы. Уже давно выделены и наиболее важные пространственные участки поймы, и наиболее важные водные тракты, сохранение и развитие которых жизненно важно для поймы (Киширинский, Булгаков, водно-болотные угодья на территории природного парка, ерики Старая Ахтуба, Бугай, Бугроватый, Судомойка).

Не стоит излишне драматизировать изменения природы поймы – изменчивость, даже резкие изменения в экосистемах поймы – закономерность, а не неожиданность. Даже абсолютно удаленные от человека экосистемы могут деградировать, задача человека не дать развиться деструктивным процессам с помощью хорошо продуманной, научно обоснованной деятельности.

**3.12.8. Некоторые модели экосистем**

Потенциальное плодородие почвы, соответствующее ее индексу, было определено на основе сравнения продуктивности (или урожайности) различных ценозов (либо сельскохозяйственных культур) в однотипных климатических условиях [46]. В итоге получили зависимость

 (3.13)

где Gгн – гуматный, Gфк – фульватный гумус (т/га), N%, Р%, К% – соответсвенно, доли доступных и полудоступных форм азота, фосфора и калия по отношению к максимально возможному их содержанию, *Нг* – гидролитическая кислотность (мг-экв/100 г почвы).

Показатель *СL* – коэффициент благоприятности климата – характеризует степень его благоприятности для развития растительности. На основе обобщения ряда данных о продуктивности различных растительных ценозов была выведена формула для

 , (3.14)

где *Т* – среднегодовая температура, *HF* – показатель эффективного увлажнения, определяемый по формуле

 (3.15)

где *R* – среднегодовое количество осадков (мм/год).

Указанные формулы могут быть использованы при моделировании экосистем.

Модель экологической емкости экосистемы [47] можно показать в виде блок-схемы (рис. 3.13.).

Блок-схема, на которой показаны 4 основных компонента, которые должны учитываться при моделировании биогеоценоза. Е – движущая сила, Р – свойства, F – потоки, I – взаимодействие. Pt и Р2 – два свойства, которые при взаимодействии (I) дают некое третье свойство Рз (или влияют на него), когда система получает энергию от источника Е. Обозначены 6 направлений потоков вещества и энергии (F), из которых F1– вход, a F6 – выход для системы как целого.

Т.о., в работающей модели биогеоценоза имеется, как минимум 4 ингредиента: 1) источник энергии или другая внешняя движущая сила; 2) свойства или переменные состояний компонентов биогеоценоза; 3) направления потоков, связывающих свойства между собой и с действующими силами через потоки вещества и энергии; 4) взаимодействия или функции взаимодействий там, где взаимодействуют между собой силы и свойства, изменяя, усиливая или контролируя перемещения веществ и энергии или создавая интегративные свойства.

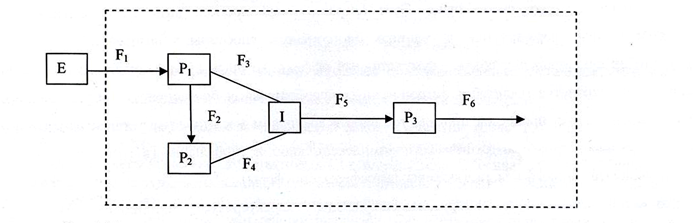


Рис.3.13. *Блок-схема моделирования экологической емкости биогеоценоза (экосистемы)*

Еще один важный аспект – рассмотрение поймы как своеобразного гомеостата. Все физико-химические принципы подчиняются принципу Ле-Шателье. Согласно этому принципу, при воздействии на систему в ней происходят процессы, снижающие степень этого воздействия на систему. Другим проявлением этого принципа – в электрических системах – является закон Ленца, в механике (более «жестко») – закон Ньютона (всякому действию есть противодействие). В общем виде все эти закономерности с термодинамических позиций обобщены в теореме Нернста.

Пойма работает с точки зрения принципа Ле-Шателье как гомеостат, в частном случае, относительно сохранения температурного режима – как термостат. Действительно, любой человек, оказавшийся в пойме, замечает, что температурные колебания в ней значительно сглажены: если в окружающей местности зной, то в пойме – относительно прохладнее. Естественно, что при увеличении обводненности вырастает общая теплоемкость экологической системы (вода имеет самую большую теплоемкость из всех веществ), а значит, для того чтобы нагреть такую систему требуется больше энергии и времени. Естественно, что при большей теплоемкости размах температурных колебаний системы уменьшается.

Это рассмотрение только с точки зрения одной самой простой величины. В экологической системе протекает большое число других процессов. Например, повышение температуры увеличивает испаряемость воды из почвы и водоемов, – а это тоже затраты тепла. Наконец, при повышении температуры интенсифицируется фотосинтез, что приводит к поглощению тепла растениями, более интенсивному выделению кислорода и т.п.

Но эффективное функционирование системы как гомеостата возможно только в определенных пределах и при определенных значениях величин системы. При уменьшении содержания воды ниже некоторого критического уровня, многие биологические процессы затормаживаются или вообще перестают протекать. В случае гибели живых организмов гомеостатические свойства природной системы резко ухудшаются. Таким образом, термодинамика экологической системы значительно более сложная, чем термодинамика обычных физико-химических систем.

Естественно, что свойство экологической системы как гомеостата связано с ее экологической емкостью.

Экологическая емкость (емкость биогеоценоза) – количественная выраженная способность компонентов биогеоценоза поддерживать функции некоего биотического образования (индивида, группы индивидов, в том числе и человека).

Живые организмы или биотическое сообщество биогеоценоза (флора, фауна и человек) и их неживое или абиотическое окружение (гидросфера, атмосфера, литосфера) неразделимо связаны друг с другом и находятся в постоянном взаимодействии (рис.3.14).

Биотическое сообщество взаимодействует со средой таким образом, что поток энергии создает четко определенные биотические структуры и круговороты веществ между живой и неживой частями. В операционном смысле живые и неживые части биогеоценоза так тесно переплетены в единый комплекс, что разделить их трудно.

Абиотические компоненты лимитируют и регулируют существование организмов, а организмы не только сами приспосабливаются к физической среде, но и приспосабливают геохимическую среду к своим потребностям. Человек интенсивнее, чем прочие организмы, пытается изменять физические условия среды для удовлетворения своих нужд. Этот антропогенный процесс называется техногенезом. Техногенные потоки, формируемые в границах биогеоценоза, способны взаимодействовать таким образом, что их суммирование создает кумулятивный эффект, который обусловливает изменение во времени и в пространстве масштабов антропогенных преобразований биогеоценоза. Эффект цепного развития антропогенных процессов проявляется либо в локальном масштабе (в границах конкретного ландшафта, региона, природно-технического комплекса), либо в глобальном (в границах отдельно взятого компонента – атмосферы, гидросферы, литосферы, биосферы).

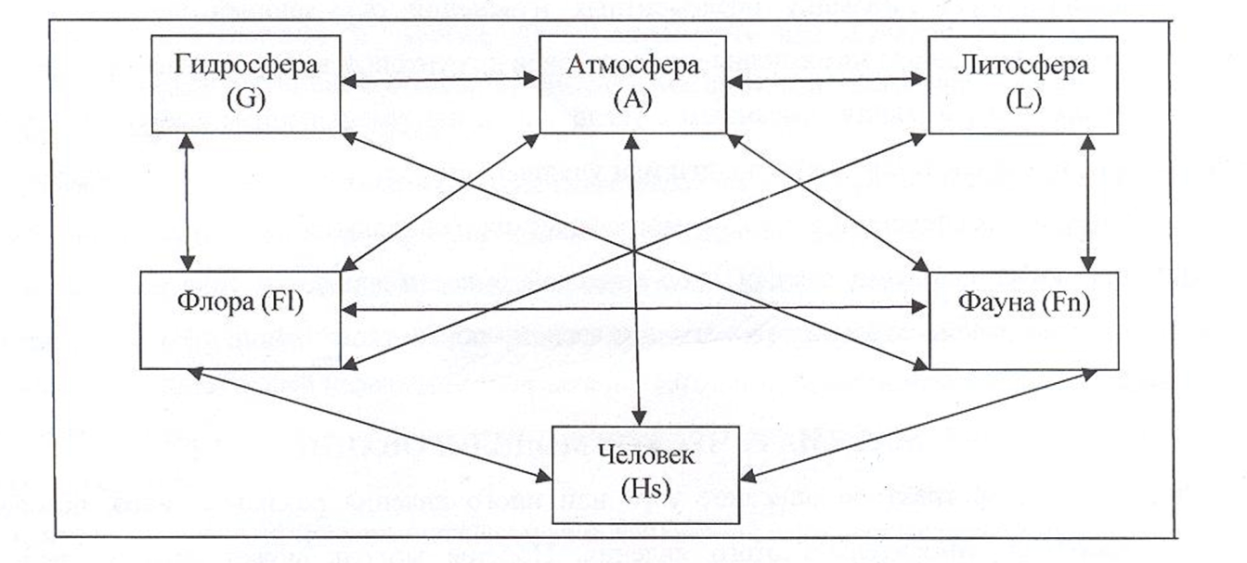


Рис. 3.14. *Компоненты биогеоценоза (экосистемы) и схема их взаимодействия*

Экологическая емкость окружающей среды характеризует потенциал природных невозобновляемых и возобновляемых материальных и энергетических ресурсов, длительное использование и даже исчерпание которых не приводит к потере устойчивого развития региона – биогеоценоза, его деградации и необратимым изменениям его компонентов, в том числе и человеческой популяции. Оценка экологической емкости является современным инструментом вскрытия причин и следствий возникновения экологических проблем, динамики изменения ситуации в регионах и соответствия выявленных тенденций принципам устойчивого развития в рамках перспектив добычи и переработки полезных ископаемых, развития сопутствующих производств и систем жизнеобеспечения населения, демонстрирует динамику поэлементных изменений окружающей среды, связанную с увеличением или уменьшением загрязнения или водотоков и грунтовых вод, развитием или деградацией геохимических ореолов рассеяния, связанным с увеличением или уменьшением выбросов в приземные слои атмосферы, и, как следствие, деградацией или улучшением растительного или почвенного покрова и животного мира, и, затем, медико-демографических и социально-экономических показателей [47-48].

**3.12.9. Прогнозирование режима стока Волги**

Прогнозирование стока рек – важная народнохозяйственная, научная и до конца не решенная задача.

В работе [52] анализируется роль природных факторов в формировании поверхностного стока талых вод, излагается закон лимитирующих факторов эрозионно-гидрологического процесса, приводится уравнение расчета стока и дается методика его прогноза. Отмечается, что экологическая ситуация в Волго-Ахтубинской пойме полностью зависит от стока со всего бассейна реки Волги. Управлением режимом стока Волги занимается Межведомственная оперативная группа на основе прогнозов Росгидромета, средняя ошибка которых составляет 35 %, а иногда (даже часто) – 100 %. Поэтому управленческие решения часто бывают ошибочными. Особенно дорого обходятся грубые ошибки, когда прогнозируется большой сток, а на самом деле он отсутствует или бывает незначительным. Огромный ущерб стране наносится и в том случае, когда прогнозируется незначительный сток, а он бывает большим и даже катастрофическим, приводящим к наводнениям, разрушениям и даже гибели людей и животных. Большой зимний сброс воды из водохранилищ, а в связи с этим малый период паводка весной на Нижней Волге нарушает условия нереста рыбы, и очень много икры, в том числе ценных осетровых пород, погибает, оставаясь в пойме на кустах, деревьях и траве. Очень крупные ошибки в прогнозах могут привести к экологической катастрофе. В Волго-Ахтубинской пойме периодически устраиваются рукотворные экологические бедствия, особенно в последние маловодные годы.

Ущерб от таких управленческих решений на основе ошибочных прогнозов составляет десятки (примерно 70-90) миллиардов рублей. Его несут энергетики (недополучение электроэнергии до 30-40 %), рыбное хозяйство (гибель рыбы, мальков и икры, а иногда рыба не нерестится, так как пойма не затопляется), сельское хозяйство (не хватает воды для орошения), коммунальное хозяйство (из колодцев уходит вода, водозаборные оголовки «качают» воздух), судоходство (суда садятся на мель). Такова цена ошибочных прогнозов.

При разработке прогноза по существующим методикам либо используется один фактор (снегозапасы), либо десятки факторов, Часто они рассматриваются каждый в отдельности без учета совокупности их влияния.

В работе анализируются различные подходы и модели для прогнозирования стока. Все они имеют ряд существенных недостатков и не могут адекватно прогнозировать речной сток.

Во ВНИАЛМИ свыше 50 лет изучаются закономерности формирования поверхностного стока с целью его регулирования и разработки мероприятий по борьбе с эрозией почв. В результате получен уникальный материал, которого нет ни в одном учреждении страны. На его основе разработана методика высокоточного (80-100 %), заблаговременного (1,5-2 месяца) прогноза поверхностного стока талых вод (имеется патент), которая позволяет без дополнительных затрат предотвратить этот ущерб. С этой целью Яковлевым С.В. были обобщены и проанализированы многолетние собственные и литературные данные, характеризующие связь слоя стока талых вод на зяби и уплотненной пашне (многолетние травы, озимые и др.) с природными факторами, сформулирован и апробирован **закон лимитирующих факторов поверхностного стока талых вод**, значительно расширяющий знания об этом процессе и позволяющий делать высокоточный прогноз стока. Установлено, что важнейшими природными факторами стока являются снегозапасы, глубина промерзания и влажность почвы. Интенсивность и продолжительность снеготаяния, а также другие факторы на общую величину стока талых вод за период половодья практически не влияют. Суть закона заключается в том, что **при некотором (лимитирующем) значении одного из них сток не формируется независимо от уровня других**. Определены максимальные значения факторов, при которых сток не формируется. На юге ЦРНЗ, в ЦЧО и Поволжье, если почва талая или промерзла до глубины не более 50 см, стока не бывает, независимо от уровня ее увлажнения и снегозапасов. Дальнейшее увеличение глубины промерзания почвы выше лимитирующего уровня не влияет на величину стока, т. е. при любой глубине промерзания выше лимитирующей он формируется одинаковый при одинаковых уровнях других факторов. Решающее влияние на него в этом случае оказывают влагозапасы в почве и снеге. При увлажнении верхнего (0-50 см) слоя почвы до уровня менее 120-130 мм на юге ЦРНЗ и 70-95 мм в Нижнем Поволжье сток не формируется, независимо от глубины промерзания почвы и снегозапасов, т. е. в данном случае лимитирующим фактором является увлажнение почвы. При запасах воды в снеге меньше объема микрорельефа пашни сток также не формируется. Алгоритм прогноза стока приведен в табл. 3.1

**Таблица 3. 1.**

Алгоритм прогноза поверхностного стока талых вод

в зависимости от уровня природных факторов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Уровень факторов | | | Характер формирования стока |
| глубина промерзания почвы, см | запасы воды в почве (слой 0-50 см), мм | снегозапасы, мм |
| Менее 50 | Любой | Любой | Сток не формируется |
| Более 50 | Менее 70-120  (по зонам) | Любой | Сток не формируется |
| Более 50 | Более 70-120  (по зонам) | Меньше объема микрорельефа | Сток не формируется |
| Более 50 | Более 70-120  (по зонам) | Больше объема микрорельефа | Сток формируется, величина его зависит от уровня запасов воды в снеге и почве и рассчитывается по уравнению |

Количественная оценка влияния на сток увлажнения почвы и снегозапасов при уровнях факторов выше лимитирующих приведена в табл. 3.2.

Установлено также, что верхний слой почвы в гидрологическом отношении является саморегулирующейся системой. Он способен поглотить и удержать определенное количество воды, максимальная величина которого в мерзлом состоянии может достигать полной влагоемкости верхнего слоя.

**Таблица 3.2.**

Уравнения связи слоя стока талых вод на зяби У3 и уплотненной пашни У2 с запасами воды Wn в слое почвы 0-50 см и снегозапасами Wc перед снеготаянием, мм

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Область,  почва | Уравнения связи стока  с природными факторами | | Множественные коэффициенты корреляции | | Ошибки  уравнений,  мм | |
| зябь | уплотненная  пашня | зябь | Уплотнен-ная паш-ня | зябь | Уплотнен-ная паш-ня |
| Орловская,  серая лесная | Уз=-165+0,95Wn+0,38Wc | Уn=-71+0,44Wn+0,41Wc | 0,97 | 0,86 | 8,2 | 14,0 |
| Курская,  серая лесная | Уз=-57+0,34Wn+0,26Wc | нет данных | 0,61 | - | 26,8 | - |
| типичный чернозем | Уз=-50+0,25Wn+0,25Wc | Уn=-116+0,71Wn+0,41Wc | 0,92 | 0,74 | 4,5 | 16,0 |
| Воронежская,  обыкновен-ный чернозем | Уз=-40+0,19Wn+0,38Wc | Уn=-12+0,06Wn+0,69Wc | 0,54 | 0,91 | 21,5 | 6,8 |
| Самарская,  обыкновен-ный чернозем | Уз=-53+0,51Wn+0,04Wc | Уn=-24+0,17Wn+0,40Wc | 0,48 | 0,92 | 8,4 | 7,0 |
| Волгоградс-кая,  каштановая | Уз=-27+0,38Wn+0,29Wc | Уn= -4+0,19Wn+1,14Wc | 0,96 | 0,92 | 7,1 | 9,2 |
| светло-каштановая | Уз=- 9+0,1Wn+0,09Wc | Уn=-12+0,17Wn+0,16Wc | 0,64 | 0,84 | 5,6 | 8,7 |

Дефицит влаги (разница между полной влагоемкостью Wпв и фактическими влагозапасами Wф) обусловливает величину водопоглощения. Слой стока Y зависит от дефицита влаги в почве ∆W и снегозапасов перед снеготаянием Wс. В общем виде уравнение можно записать так:

 (3.16)

Опираясь на выявленные закономерности и связи, был разработан метод прогноза стока с сельскохозяйственной территории. Для этого используется уравнение , где Y – слой стока с сельскохозяйственных угодий (мм), Yai – слой стока с i-того агрофона (зябь, уплотненная пашня, кормовые угодья гидрографической сети и т.д.), который определяется по уравнениям связи стока с природными факторами (мм), Sai – соответственно, площадь этих агрофонов.

**Управление рисками одна из важнейших технологий нашей цивилизации.**

В работе **[**51] рассмотрена глубокая связь между идеями нелинейной динамики и управлением рисками. Осознать ее помогла парадоксальная статистика аварий. Вспомним «Титаник», «Челленджер», Чернобыль, Тримайл, Бхопал... Каждая из этих крупнейших катастроф XX в. связана с длинной цепью причинно-следственных связей, с «неблагоприятным стечением многих маловероятных случайных обстоятельств», как часто пишут в актах государственных комиссий.

Гауссово распределение лежит в основе множества инженерных расчетов и технических норм. Все инженеры знают, что есть «правило трех сигм». Это правило говорит о том, что вероятность отклонения случайной величины от среднего значения более чем на три «сигмы» составляет менее 0,001. «Сигма» здесь – среднеквадратичное отклонение.

Но есть и другой класс законов, которые называют степенными. Здесь «хвост» убывает гораздо медленнее, поэтому такие законы часто называют «распределениями с тяжелыми хвостами». В этом случае большими отклонениями пренебречь нельзя.

В соответствии с ним, большие отклонения настолько редки, что ими можно пренебречь. Однако многие бедствия, аварии, катастрофы порождают статистику со степенным распределением. В этом случае редкими катастрофическими событиями пренебречь нельзя.

Исходя из этого, проектировалось очень многое, начиная с систем вооружений и кончая атомными станциями. Оказалось, что предположение о гауссовой статистике, собственно, и приводит к заключению о том что возможность вероятности аварии на атомной станции 10-7 год-1, т. е. одна авария за 10 млн лет. Однако, как показали проведенные в последние годы исследования, во всех этих случаях мы имеем дело со степенной статистикой. Поэтому оценки должны быть совершенно другие.

Защищаться от «степенных катастроф» нужно совсем иначе, чем от обычных «гауссовых аварий». Среди последних можно выделить проектные (иногда возникающие), запроектные (которые бывают совсем редко) и гипотетические аварии (настолько редкие, что ими обычно пренебрегают). А в случае «степенных бедствий» надо рассчитывать на худшее. В случае землетрясений нужно не надеяться «на авось», а вести сейсмостойкое строительство. Другой пример: плотины Волжского каскада закрывают водохранилища, содержащие десятки кубических километров воды. Их разрушение может привести к возникновению волны в десяток метров высотой. Это сотни тысяч жизней.

Откуда берется степенная статистика? Ответ на этот вопрос дает новая парадигма нелинейной динамики – парадигма сложности и построенная в ее рамках теория самоорганизованной критичности.

Степенные зависимости являются характерной чертой многих сложных систем – разломов земной коры (там это знаменитый закон Рихтера-Гутенберга), фондовых рынков, биосферы на временах, на которых происхо­дит эволюция. Они типичны для движения по автобанам, трафика сообщений через компьютерные сети, многих других систем.

Для всех этих систем общим является возникновение длинных причинно-следственных связей. Одно событие может повлечь другое, третье, лавину изменений, затрагивающих всю систему. Например, мутация, с течением времени меняющая облик биологического вида, влияет на его экологическую нишу. Изменение экологической ниши этого вида, естественно, влияет на экологические ниши других видов. Им приходится приспосабливаться. Это опять меняет экологические ниши. При этом окончание «лавины изменений», переход к новому состоянию равновесия могут произойти не скоро.

Нелинейная динамика, анализируя системы такого сорта, позволяет устанавливать, сколько переменных необходимо для их описания, сколько переменных нужно для прогнозирования, она помогает выяснить, каким должен быть их мониторинг. Оказывается, что для такой системы нужно не более десятка переменных.

Это открывает совершенно новые возможности. Если раньше, в 1960-е гг., был моден системный анализ, рассматривавший некие общие свойства систем, которые возникают у них как у целого, то сейчас в Институте прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН очень нравится слово системный синтез. Такой синтез позволяет из массы переменных извлечь именно то, что нужно для принятия решения. После того, как было понято, что есть принципиальные ограничения в области прогноза, созданы новые поколения моделей и алгоритмов, прогноз стал индустрией.

Сейчас в области научных исследований, связанных с прогнозом, в центре внимания находятся описание и предсказание редких катастрофических событий. Так весьма близко поведение характеристик, описывающих две сложно организованные иерархические системы – фондовый рынок и тектонический разлом – незадолго перед катастрофой – в обоих случаях есть быстрый катастрофический рост, на который накладываются ускоряющиеся колебания. Сглаженная кривая отлично описывается формулой

*I(t)=A+B(tc-t)α [1+Ccos(ωlog(tc-t)-φ)],* (3.17)

т. e. мы имеем одно и то же решение уравнений, которых пока не знаем. Следует обратить внимание на то, что асимптотикой таких процессов перед катастрофой является так называемый режим с обострением (когда одна или несколько величин, характеризующих систему, за конечное время вырастают до бесконечности).

В работе **[**53] рассмотрена нелинейная стохастическая динамика формирования расходов воды в речных бассейнах. Успешное применение известных малопараметрических распределений вероятностей в задачах *вероятностного* прогнозирования речного стока дает основание полагать, что этот класс задач может быть решен без построения сложных имитационных моделей речных бассейнов. Модели такого рода обычно содержат десятки или даже сотни параметров и требуют для своей калибровки огромного эмпирического материала. Кроме того, результаты получаются в виде массивов чисел, поиск адекватного описания которых – задача, сопоставимая по сложности с описанием самих эмпирических данных. Объяснительная способность имитационных моделей обычно невелика, т. к. невозможно с достаточной полнотой проследить причинно-следственные связи в многомерном параметрическом пространстве. Между тем, учитывая то обстоятельство, что *распределения вероятностей дают среднюю характеристику речного стока за длительный период наблюдения*, для их нахождения нет необходимости в столь детальном описании: эта информация все равно будет потеряна при усреднении. Напротив, достаточно использовать значительно более простые холистические модели, оперирующие с масштабами целого водосбора и содержащие всего несколько феноменологических параметров. Предпочтительность перехода к крупномасштабным моделям обусловлена тем, что они в наиболее простой форме учитывают общие свойства водосбора, а главное, позволяют провести детальный анализ решений, вплоть до получения распределений в аналитическом виде. Что же касается феноменологических параметров, то их можно найти из анализа стоковых рядов, а также проследить их связь с интегральными характеристиками бассейна, привлекая данные по совокупности родственных водосборов.

Для адекватной оценки вероятности появления экстремальных событий необходимо привлекать распределения со степенными хвостами. Вопрос состоит в том, как получить распределение такого типа, не вводя его априори, а исходя из физических соображений. Исследования в этом направлении изложены в серии работ Найденова, которому впервые в гидрологии удалось построить нелинейные стохастические модели, приводящие к распределениям со степенными хвостами. Однако вопрос о связи параметров модели, в т. ч. показателя степени распределения, с характеристиками водосбора остался за рамками исследований. Оценка показателя степени по рядам стока приводит к сильному разбросу его значений для разных рек от единиц до нескольких десятков, что нуждается в объяснении, т. к. существенно влияет на прогноз и оценку потенциальных ущербов. Ответу на этот вопрос и построению функции распределения речного стока посвящена указанная работа. Анализ строится на составлении уравнения баланса импульса для водосбора в целом, которое служит основой для вывода нелинейного уравнения стока. Влагозапас и сток флуктуируют вместе с изменением погодных условий и вследствие неоднородности водосборной территории. Найденовым получены распределения вероятностей стока и показано, что в области больших значений имеет место степенной закон распределения:

p(q) ~ q-α-1 (3.18)

где q- слой стока с водосбора, p - эффективные осадки.

Эту часть полного распределения обычно называют «тяжелым хво­стом». Вклад в него вносят экстремальные гидрологические события. В случае рек с поверхностным питанием – это половодья и дождевые паводки.

Основное внимание в работе уделено построению распределения вероятностей высоких значений речного стока, исходя из динамики его формирования. Интегральный характер эмпирических данных (гидрографов стока) предопределил рассмотрение водосбора как единого целого, без пространственной дифференциации его структуры. Исходным пунктом теоретического анализа послужила система уравнений баланса массы и импульса воды на водосборе. Для формулировки последнего уравнения использован известный из литературы факт, что в речных бассейнах, сформированных на осадочных породах, скорость течения стремится быть постоянной по всей речной сети, факт, связанный с тем, что весь процесс эрозионного формирования сети протекает в направлении минимума диссипации энергии. Из уравнений баланса удалось получить новое уравнение стока, отличающееся от описанных в литературе уравнений, во-первых, своей нелинейностью, а во-вторых, тем, что параметры в этом уравнении имеют определенный физический смысл и выражаются через характеристики водосбора и водного режима. Выведенное уравнение стока дополнено стохастическими членами, учитывающими флуктуации осадков, а также неоднородность рельефа водосбора, почв и растительного покрова. Получен новый класс распределений вероятностей речного стока с тяжелыми хвостами, спадающими по степенному закону. До сих пор тяжелые хвосты рассматривались как удобная аппроксимация эмпирических данных, а показатель степени хвостовых распределений находился путем статистиче­ской обработки временных рядов. Предпринятый подход позволил вскрыть физическую природу этого показателя, выразить модельные параметры уравнения стока через физические величины, обосновать соотношение между стоком и влагозапасом, а также найти распределение вероятностей стока и исследовать его поведение в области высоких расходов воды. Получено качественное согласие теоретических распределений с их эмпирическими аналогами. Предложено уравнение водного баланса в масштабе водосбора

dh/dt = p – khd (3.19)

где h – влагозапас водосборной территории, p – эффективные осадки, d – коэффициент пропорциональности, показатель d =3/2 для турбулентного значения и d =3 для ламинарного течения

**3.12.10. Роль биоты в формировании поймы как термодинамической системы**

Концентрации биологически активных веществ, составляющих компоненты биосферы и окружающей среды, не являются случайно сложившимися в результате геофизических процессов, а поддерживаются на уровне, определяемом существующей естественной биотой. Устойчивость окружающей среды обеспечивается принципом Ле-Шателье, функционирующим в невозмущенной биоте: все случайные изменения окружающей среды компенсируются соответствующими изменениями функционирования естественной биоты (Lotka, 1925). Принцип Ле Шателье действует только в устойчивых системах. Нарушение этого принципа означает потерю устойчивости системы. Совокупность строго определенных, тесно взаимодействующих между собой организмов биоты была выработана в течение миллиардов лет биологической эволюции. Именно эти организмы совместно с поддерживаемой ими окружающей средой и составляют биосферу Земли. Изменение или перестройка естественной биоты должны неизбежно приводить к нарушениям условий окружающей среды.

Все функционирование биоты сводится к синтезу и разложению органических веществ. Биологически активные химические элементы (биогены) потребляются в процессе синтеза и выделяются при разложении органических веществ в определенных стехиометрических соотношениях, которые различаются у разных организмов. Это позволяет естественной биоте варьировать их, и тем самым направленно изменять концентрации отдельных биогенов в окружающей среде. Однако в первом приближении можно считать стехиометрические соотношения относительно постоянными и получить количественные характеристики функционирования принципа Ле-Шателье в биоте по углероду – наиболее обильному биогену в биоте.

Огромная мощность потоков синтеза и разложения позволяет биоте быстро компенсировать флуктуации, возвращая окружающую среду к первоначальному состоянию не более чем на десятки лет.

Однако устойчивость окружающей среды сохраняется при наличии невозмущенной биоты. Следует отметить, что возмущение или перестройка биоты может представлять собой количественно на четыре порядка большую опасность для окружающей среды, чем уничтожение биоты. При разрушении связи между синтезом и разложением в функционирующей биоте, окружающая среда может полностью исказиться за десятки лет. При расчетах изменения среднегодовых характеристик окружающей среды недопустимо игнорировать влияние биоты и учитывать только геофизические процессы.

В то же время континентальная биота, сильно возмущенная человеком, не только потеряла способность компенсировать вносимые в атмосферу возмущения, но сама стала одним из главных источников выбросов СО2. За счет континентальной биоты из почвы выбрасывается 2,5 Гт С/год, что составляет половину выбросов углерода за счет ископаемого топлива. Так как продукция органических веществ на континентах больше, чем в океанах, можно считать, что компенсация возмущений окружающей среды невозмущенной континентальной биотой происходила более эффективно, чем океанической биотой. Отсюда можно заключить, что еще в середине прошлого столетия континентальная биота поглощала антропогенные загрязнения быстрее, чем современная биота океана; и осуществление принципа Ле-Шателье в континентальной биоте прекратилось в начале текущего столетия.

Прекращение сжигания ископаемого топлива и переход к безотходной технологии и новым источникам энергии не приведут к ликвидации загрязнения окружающей среды при продолжающемся возмущении континентальной биоты. В настоящее время все источники энергии обусловливают перестройку биосферы. Поэтому с ростом энергопотребления (за счет любых источников) возмущение естественной биоты и, следовательно, окружающей среды будет только возрастать. Для стабильного существования человечества очевидна необходимость сохранения благоприятных (стабильных) условий среды обитания. Сильно возмущенная биота, нарушающая функционирование принципа Ле-Шателье, и загрязняющая окружающую среду биота должны быть трансформированы (восстановлены) и чем скорее, тем лучше. Место возмущенной биоты должна занять либо прежняя невозмущенная биота, способность которой сохранять окружающую среду известна в течение миллиардов лет, либо новая, управляемая человеком устойчивая система, функционирующая на базе обратных связей, искусственно обеспечивающих возможность реализации принципа Ле-Шателье.

Живые объекты – особи – олицетворяют собой сложнейшие виды скоррелированности на молекулярном, клеточном, организменном и социальном уровнях. Скоррелированность естественного сообщества организмов различных видов в экосистемах обеспечивает выполнение принципа Ле -Шателье в биоте.

Отсюда следует также, что поддержание скоррелированности живых объектов в популяции принципиально не может обеспечиваться за счет ее централизованного управления.

Наиболее сложна среди живых объектов скоррелированность организмов различных видов в сообществах. Именно этот вид скоррелированности обеспечивает выполнение принципа Ле-Шателье в биоте по отношению к внешним возмущениям окружающей среды. Сложность построения отдельных организмов и видовое разнообразие состава сообщества служат единственной цели поддержания его максимальной конкурентоспособности.

Уничтожение всей совокупности сообществ необратимо также как необратимо уничтожение любого биологического вида. Если значительная часть совокупности сообществ подвергается разрушению чаще, чем в несколько сотен лет, то фоновый уровень разомкнутости уже не достигается; и начинается разрушение окружающей среды.

Наряду с распадом существующего вида скоррелированности с потерей конкурентоспособности, в популяции чрезвычайно редко – более чем в 1010 раз реже, чем распад [48], – происходит спонтанная генерация нового типа скоррелированности с ростом конкурентоспособности. В этом случае потомки объекта, в котором произошла генерация, вытесняют все прежние объекты в популяции. Происходит изменение популяции, что соответствует эволюционному процессу.

Эволюция может идти в направлении разрушения достигнутой сложности, роста агрессивной конкурентоспособности при утрате жизнеспособности, т.е. вытеснения более агрессивными и менее организованными особями более организованных, но менее агрессивных. Такой процесс мог бы привести к полной дезорганизации и, в конечном счете, к исчезновению жизни.

Кроме того, сокращение числа независимо функционирующих живых объектов нарушает действие известного статистического закона больших чисел – единственного известного в природе способа сокращения флуктуаций. Это приводит к неограниченному росту флуктуаций синтеза и разложения органических веществ и невозможности поддержания их в скоррелированном состоянии.

Время эволюции определяется временем смены видового состава биоты или, в предположении постоянства числа видов в биосфере, – средней продолжительностью существования вида и, согласно палеоданным, имеет порядок миллиона лет (Симпсон, 1948). Время биологического круговорота биогенов в окружающей среде равно отношению запаса биогенов к продукции биоты и, как уже отмечалось, имеет порядок десяти лет [30], что в сто тысяч раз меньше времени эволюции. В результате эволюция естественной биоты происходит в условиях резкой ограниченности ресурсов окружающей среды. Любое эволюционное изменение, связанное с нарушением скоррелированности синтеза и разложения органических веществ в сообществе, оказывается невозможным, поскольку значительно быстрее происходит полное локальное искажение окружающей среды вследствие чрезвычайно высокой мощности синтеза н разложения органического вещества биотой. Это приводит к немедленной потере конкурентоспособности и вытеснению подобного сообщества среды.

В биосфере содержится около N=1027 живых организмов. Число объектов, которыми придется управлять в ноосфере, должно быть того же порядка величины. Для того чтобы представить себе сложность такой задачи, отметим, что указанное число совпадает с числом атомов атмосферы у земной поверхности в одном кубическом метре. Задача централизованного управления ноосферой эквивалентна, таким образом, задаче искусственного создания максвелловского распределения молекул в 1 м3 газа путем управления движением каждой молекулой так, чтобы флуктуации температуры и давления находились на естественном уровне, определяемом законом «больших чисел», т.е. поддерживались с относительной точностью 10-13. Это превосходит возможности всех рекордных по точности физических измерений. С такой задачей вряд ли удастся справиться при любом мыслимом развитии компьютерной техники, учитывая, что объемы памяти и быстродействия ЭВМ лимитируются молекулярными размерами и скоростями химических реакций.

Таким образом, биосфера (состоящая из возникшей в процессе эволюции естественной биоты, взаимодействующей с окружающей средой) представляет собой единственную систему, обеспечивающую устойчивость окружающей среды при любых возникающих внешних возмущениях. Поэтому сохранение природных сообществ и существующих видов живых организмов в объеме, способном обеспечивать функционирование принципа Ле-Шателье по отношению к глобальным возмущениям окружающей среды, является главным условием благополучного продолжения жизни на планете. Для этого необходимо сохранить естественную природу на большей части поверхности земли, а не только в ничтожных по своей площади резерватах, заповедниках и зоопарках [48-49].

**Литература к главе 3**

1. Forrester J.W. Мировая динамика / J.W. Forrester. – М.: Наука, 1978. – 167 с.
2. Пределы роста. Доклад по проекту Римского клуба «Сложное положение человечества» / D.H. Meadows [и др.]. – М.: МГУ, 1991. – 206с.
3. Печчеи А. Человеческие качества. 2-е изд. / А. Печчеи. – М.: Прогресс, 1985. – 312 с.
4. Meadows D.H. За пределами роста: предотвратить глобальную катастрофу – обеспечить устойчивое будущее / D.H. Meadows, D.L. Meadows J. Randers. – М.: Прогресс, Пангея, 1994. – 302 с.
5. Медоуз Д.Х. Пределы роста. 30 лет спустя / Д.Х. Медоуз, Й. Рандерс, Д. Л. Медоуз. – М.: Бином, 2012. – 358 с.
6. Дайер, Г. Климатические войны / Г. Дайер. – М.: АСТ, Астрель; Владимир: ВКТ, 2011. – 317 с.
7. Розенберг Г.С. Глобальное моделирование (к 35-летию выхода в свет «Пределов роста») // Самарская Лука. – 2007. – Т.16. – №3(21). – С.588-598. – Режим доступа: http://www.ssc.smr.ru/media/ journals/samluka/2007/16\_3\_19.pdf
8. Мустафин Д. Некуда расти? Не стоит ждать милостей от природы после того, что мы с ней сделали / Д. Мустафин // Поиск. – 2012. – №3 – С. 1. – Режим доступа: http://www.poisknews.ru/theme/edu/3589/
9. Моисеев Н.Н. Логика динамических систем и развития природы и общества / Н.Н. Моисеев // Вопросы философии. – 1999. – № 4. – С. 4.
10. Моисеев Н.Н. Еще раз о проблеме коэволюции / Н.Н. Моисеев // Вопросы философии. – 1998. – № 8. – С. 26.
11. Моисеев Н. Н. С мыслями о будущем России / Н. Н. Моисеев. – М.: Фонд содействия развитию социальных и политических наук, 1997. – 212 с.
12. Моисеев Н.Н. Логика динамических систем и развития природы и общества / Н.Н. Моисеев // Вопросы философии. – 1999. – № 4. – С.10.
13. Йонас Г. Принцип ответственности. Опыт этики для технологической цивилизации / Перевод с немецкого и примечания И.И. Маханькова / Г. Йонас. – Режим доступа: http://elementy.ru/news?newsid=431864
14. Моисеев Н.Н. Концепция экологической этики. – Режим доступа: <http://sbiblio.com/biblio/archive/moiseev_koncepcekologetiki/>
15. David U. A global synthesis reveals biodiversity loss as a major driver of ecosystem change / U. David, E. Hooper, Carol Adair, J. Bradley Cardinale, E. Jarrett, K. Byrnes, A. Bruce Hungate, L. Kristin Matulich, Andrew Gonzalez, J. Emmett Duffy, Lars Gamfeldt, I.Mary O’Connor // Nature – 2012. – V. 486. – P. 105–109. – Doi:10.1038/nature11118/ http://elementy.ru/news/431565
16. Букварева Е.Н. Принцип оптимального разнообразия биосистем / Е.Н. Букварева, Г.М. Алещенко. // Успехи современной биологии. – 2005, том 125, д. – №4. – Режим доступа: <http://elementy.ru/n>
17. Terence P. Dawson. Beyond predictions: biodiversity conservation in a changing climate / Terence, P. Dawson, Stephen, T. Jackson, Joanna I. House, Iain Colin Prentice, Georgina M. Mace // Science. – 2011. – V. 232. – P. 53-58.
18. Экологические системы. Адаптивная оценка и управление / Под редакцией К. С. Холинга. – М.: Мир, 1981. – 400 с.
19. Хосе Ортега-и-Гаcceт. Эстетика. Философия культуры / Вступ. ст. Г. М. Фридлендера / Сост. В. Е. Багно. – М.: Искусство, 1991. – 588 с. – Режим доступа:

<http://rebels-library.org/files/philosophy_of_culture.pdf> (История эстетики в памятниках и документах).

20. Тутина Ю. Болевые точки здоровья // Аргументы и факты. – 2006. – №30.

21. Попов В. Пойдем выйдем // Литературная газета. – 2016. – № 25–26 (29.06 –5.07).

22. На Волге без воды. // Интер. – 2016. – № 27 (14.07). – С. 2, 13.

23. Вебер А. Кризис сознания. – М.: Алгоритм, 2009. – С. 258–259.

1. Берталанфи Л. Общая теория систем обзор проблем и результатов // Системные исследования (ежегодник). – М.: Наука. – 1969. – 49 с.
2. Берталанфи Л. Общая теория систем: Критический обзор / В кн. Исследования по общей теории систем. – М.: Мир. – 1969. – 520 с.
3. Богданов А.А. Тектология: (Всеобщая организационная наука). В 2 кн. – М.: Экономика, 1989. – 1 кн. – 304 с., 2 кн.– 251 с.
4. Садовский В.Н. Основания общей теории систем. – М.: Наука, 1974.– 279 с.
5. Миротин Л.Б., Ташбаев Ы.Э. Системный анализ в логистике. – М.: Экзамен, 2004. – 480 с.
6. Дулепов В.И., Лескова О.А., Майоров И.С. Системная экология. – Режим доступа: http://abc.vvsu.ru/books/sistemnaja\_ekologija\_up/page0007.asp
7. Каблов В.Ф., Агаянц И.М. Информационные технологии в разработке и в производстве эластомерных материалов. ВПИ (филиал) ВолгГТУ. – Волгоград, 2009. – 409 с.
8. Эбелинг В. Образование структур при необратимых процессах – М.: Мир, 1979. – 279 с.
9. Шаповалов В.И. Энтропийный мир. – Волгоград: Перемена, 1994. – 91 с.
10. Акимов Т.А., Хаскин В.В. Экология. Человек – Экономика – Биота – Среда. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 566 с.
11. Уилсон М. Анализ биологических популяций. – М.: Мир, 1975. – 271 с.
12. Пригожин И. Р., Стенгерс И. Порядок из хаоса. / пер с англ. Изд.6-е М.: ЛКИ/URSS 2008. – 180 с.
13. Пригожин И. От существующего к возникающему: Время и сложность в физических науках: Пер. с англ./ Под ред. Ю.Л. Климонтовича. – М.: Наука, Физ.-мат. лит.,1985.
14. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. Введение: Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 344 с.
15. Князева Е.Н., Курдюмов С. П. Синергетика: нелинейность времени и ланшафты коэволюции. – М.: КомКнига, 2007.– 272 с.
16. Белоусов Л. В. Биологический морфогенез. – М.: Моск. ун-т, 1987. – 239 с.
17. Арнольд В.И Теория катастроф. 3-е изд. доп. – М.: Физ.-мат.лит.,1990.– С.128. – ISBN 5-02-014271-9.
18. Свереженев Ю.М. Нелинейные волны, диссипативные структуры и катастрофы в экологии.– М.: Наука, 1987.– 368 с.
19. Малинецкий Г. Г. Математические основы синергетики: Хаос, структуры, вычислительный эксперимент. Изд. 5-е. – М.: ЛКИ, 2007. – 312 с.
20. Малинецкий Г. Г. Хаос. Структуры. Вычислительный эксперимент: Введение в нелинейную динамику. – М.: Эдиториал УРСС, 2000. – 256 с.
21. Постон Т., Стюарт И. Теория катастроф и ее приложения / Пер. с англ. – М.: Мир, 1980. – 607 с.
22. Шаповалов В.И., Каблов В.Ф., Башмаков В.А., Аввакумов В.Е. Синергетическая модель устойчивости средней фирмы // Синергетика и проблемы теории управления. – М.: Физматлит, 2004. – С.454-464.
23. Природа моделей и модели природы / Под ред. Д.М. Гвишиани, И.Б. Новика, С.А. Пегова. – М.: Мысль, 1986. – 270 с.
24. Богдановский Г.А. Химическая экология. – М.: МГУ, 1994.– 237 с.
25. Горшков В. Г. Принцип Ле Шателье в приложении к биосфере / В.Г. Горшков, К. Я. Кондратьев // Экология. – 1990. – №1, – С.7–16. – Режим доступа: http://biospace.nw.ru/evoeco/lit/gorschkov.htm
26. ОдумГ*.*, Одум Э. Энергетический базис человека и природы.– М.: Прогресс, 1978.– 380 с.
27. Арбузов В. В. Мировозренческие основы экологии. – Пенза: Международн. Академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности, 2003. – 115 с.
28. Малинецкий Г. Г. Пространство синергетики: Взгляд с высоты. – М. ЛИБРОКОМ, 2013. – 248 с.
29. Барабанов А. Т. Закономерности формирования поверхностного стока талых вод в волжско-камском бассейне, его прогноз и регулирование // Грани познания. – 2015. – №4 (38) – С. 42-51. – Режим доступа: http://grani.vspu.ru/files/publics/1429698248.pdf
30. Долгоносов Б. М**.** Нелинейная динамика экологических и гидрологических процессов. – М.: ЛИБРОКОМ, 2009. – 440 с.

Глава 3 из книги:

Каблов, В.Ф.

Волго-Ахтубинская пойма. Экологическая ситуация: проблемы и решения по ее улучшению: монография, издание 2-е, дополненное / В. Ф. Каблов, В. Е. Костин, Н. А. Соколова, С. И. Благинин, С. В. Яковлев, Л.В. Курылева; ВПИ (филиал) ВолгГТУ. – Волгоград, 2016. – 457 с.

ISBN 978-5-9948-1877-0

THE VOLGA-AKHTUBA FLOOD LAND.

Environmental Situation: Problems And Solutions For Its Improvement

Monograph

Монография содержит обзор экологической ситуации, сложившейся на территории Волго-Ахтубинской поймы в последние годы, дано описание поймы как природно-технической системы, как в общетеоретическом плане, так и в конкретной ситуации. Рассмотрены методы моделирования экосистем и управление ими, а также концепции экологической этики. Анализируются возможные меры по улучшению сложившейся ситуации, в том числе предложения сотрудников Волжского политехнического института (филиала) ВолгГТУ. Рассказывается об уже принятых мерах и проведенных мероприятиях, в том числе о деятельности студенческого экологического отряда «Экос», рассмотрены источники биоресурсов Волго-Ахтубинской поймы, дан обзор публикаций по кризисному состоянию поймы.

Во втором издании, значительно дополненном и расширенном, описывается ситуация, сложившаяся в Пойме в 2016 году, даются данные по восстановлению рыбных запасов, особенностям обводнения Волго-Ахтубинской поймы, данные по мониторингу поверхностных водоемов, значительно расширена третья глава, в которой даются теоретические основы функционирования экосистемы Поймы, размещены отзывы о первом издании книги, рассуждения о проблемах Волго-Ахтубинской поймы и ее возрождении.

Монография может быть полезна представителям природоохранных предприятий, органов местного самоуправления, преподавателям экологических и краеведческих дисциплин, аспирантам, студентам, а также широкому кругу читателей, интересующихся проблемами Волго-Ахтубинской поймы.

Табл. 32. Илл. 89. Библиогр.: 384 назв.

|  |  |
| --- | --- |
| ISBN 978-5-9948-1877-0 | © Волгоградский государственный технический университет, 2016  © Волжский политехнический институт,2016 |
| © Коллектив авторов, 2016 |

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

|  |  |
| --- | --- |
| Сведения об авторах…………………………………………………………… | 12 |
| Синопсис………………………………………………………………………. | 17 |
| Введение. (Тревога, хроника беды)…………………………………………… | 27 |
| **ГЛАВА 1**. Наша **пойма**…………………………………………………… | 32 |
| * 1. Однажды это со мною случилось и когда-нибудь случится с вами (В. Каблов)…………………………………………..................................................... | 32 |
| * 1. Моя пойма (В. Каблов) ……………………………………………… | 32 |
| * 1. Озера, полные рыбой (В. Каблов) …………………………………… | 34 |
| * 1. Волжская ГЭС (В. Каблов) ……………………………………………. | 36 |
| * 1. Волшебный мир (В. Костин) ………………………………………… | 40 |
| * 1. Первый учебник природы (Н. Соколова) …………………………… | 42 |
| * 1. Царь – комар, принцесса мошка и королева стрекоза (В. Каблов) … | 44 |
| * 1. Экологический отряд «Экос» Волжского политехнического института(филиал) ВолгГТУ (В. Каблов)……..……………………………….……. | 45 |
| * + 1. Общие сведения об экологическом отряде «Экос»…………………………………………………………………………………... | 45 |
| * + 1. Практический опыт работы …………………………………………… | 53 |
| * + 1. Сначала было дело! …………………………………………………… | 57 |
| * + 1. Экологическая карта города ………………………………………… | 60 |
| * + 1. Ликвидация зарослей тростника в окрестностях Волжского ……… | 61 |
| * + 1. Связь природоохранных работ с учебным процессом ……………… | 62 |
| * + 1. Участие отряда «Экос» в муниципальных и региональных программах…………………………………………………………………………….. | 63 |
| * + 1. Сухопутная эпопея «Экоса» на Эльтоне ……………………………... | 63 |
| * + 1. Камыш, пожары, мухи (июль 2008 г.) ………………………………... | 68 |
| * + 1. Десант «Экоса» на Таманский полуостров (август 2008 года)………………………………………………………………………………….. | 68 |
| * + 1. «Берегоукрепление» на берегу Дона Турбаза «Волгоград», 2010г. | 70 |
| * + 1. Наводнение в Крымске ………………………………………………... | 70 |
| * + 1. Парашютные прыжки отряда «Экос» ………………………………… | 71 |
| * + 1. Полеты ВПИ…………………………………………………………… | 71 |
| * + 1. Отзывы об отряде «Экос» ……………………………………………... | 76 |
| * 1. Пойма: Общая характеристика…(В. Каблов, Н. Соколова) …..…… | 77 |
| 1.9.1.Историко-культурное наследие………………………………………… | 77 |
| 1.9.2. Ахтуба: история, гидронимика………………………………………… | 78 |
| 1.9.3. Географическое положение …………………………………………… | 82 |
| 1.9.4. Климат …………………………………………………………………… | 84 |
| 1.9.5. Гидрология поймы и водные объекты ………………………………… | 85 |
| 1.9.6. Экосистемы, уникальные биотические комплексы ………………… | 89 |
| 1.9.7. Водно-болотные угодья ………………………………………………… | 91 |
| 1.9.8. Фауна и ключевые орнитологические территории …………………… | 91 |
| 1.9.9. Флора и пойменные дубравы …………………………………………... | 93 |
| 1.9.10. Редкие виды растений и животных …………………………………... | 95 |
| Литература к 1 главе …………………………………………………………... | 97 |
| **ГЛАВА 2.ВАП – природно-техническая система**………………………... | 100 |
| * 1. Описание геотехнической системы Нижней Волги (В. Каблов) …… | 101 |
| * 1. Волжская ГЭС – крупнейший Волжский гидроузел (В. Каблов) …... | 101 |
| * 1. Основные правила использования водных ресурсов Волгоградского Водохранилища (В. Каблов).....………………………………………………………. | 105 |
| * 1. Особенности обводнения Волго-Ахтубинской поймы (С. Яковлев) . | 127 |
| * 1. Мониторинг поверхностных водоемов Волго-Ахтубинской поймы и прилегающих территорий (В. Каблов, Н. Соколова) ...…………………………… | 138 |
| Литература ко 2 главе …………………………………………………………. | 145 |
| **ГЛАВА 3. Мыслить глобально, действовать локально …………………** | 147 |
| 3.1. Экологические системы: общий взгляд (В. Каблов, Н. Соколова) …… | 147 |
| 3.1.1. Моделирование экосистем и их развития ……………………..……… | 147 |
| 3.1.2. «Концепция экологической этики» Н.Н. Моисеева ………………….. | 152 |
| 3.1.3. Этика ответственности ……………………...………………………….. | 154 |
| 3.1.4. Старые и новые императивы ………………………………….……… | 155 |
| 3.1.5.Приоритеты современного общества и отношение к окружающей среде ……………………………………………………………………………………. | 156 |
| 3.2. Роль биологического разнообразия в экосистемах (В. Каблов, Н. Соколова)….…………………………………………………………………………… | 160 |
| 3.3. Мифы об управлении окружающей средой и оценке воздействия на нее (В. Каблов, Н. Соколова)…………………………………………………………. | 163 |
| 3.3.1. Мифы об управлении окружающей средой ………………………… | 163 |
| * + 1. Мифы об оценке воздействия на окружающую среду ……………… | 165 |
| * 1. Развитие современной деятельности по оценке воздействия на окружающую среду (В. Каблов) ……………...…………….……………………… | 167 |
| * 1. Следствие из неопределенности (В. Каблов) …………...…………… | 169 |
| * 1. Устойчивость и гибкость систем (В. Каблов) ……………...…..…… | 170 |
| * 1. Процедуры и методы описания и изучения экосистем (В. Каблов) .. | 171 |
| 3.8. Природа и поведение экологических систем (В. Каблов) ..…..……… | 172 |
| 3.9. Пространственное поведение (В. Каблов) ………………………………. | 174 |
| 3.10.Устойчивость и эластичность (В. Каблов) …………………………… | 175 |
| 3.11. Динамическая изменчивость (В. Каблов) …………...……………… | 180 |
| 3.12. Системная экология поймы. Пойма – как открытая термодинамическая система (В. Каблов) ……………………………………………. | 183 |
| 3.12.1. Системный подход к экологическим системам и общая теория систем……........................................................................................................................ | 183 |
| 3.12.2. Функционально-физический анализ ………………………………… | 193 |
| 3.12.3. Термодинамический подход ………………………………………… | 194 |
| 3.12.4. Оценка сложности поймы как системы …………………………… | 201 |
| 3.12.5. Нелинейная динамика поймы. Кинетика и синергетика. Поведение нелинейных неравновесных систем………………………………………………….. | 203 |
| 3.12.6. Пример катастроф в экосистеме ……………………………………… | 207 |
| 3.12.7. Экстремальная зависимость экологических параметров от интенсивности действия внешних факторов………………………………………… | 208 |
| 3.12.8. Некоторые модели экосистем ………………………………………… | 210 |
| 3.12.9. Прогнозирование режима стока Волги …………………………… | 214 |
| 3.13. Роль биоты в формировании поймы (В. Каблов) ……………………… | 222 |
| Литература к 3 главе ………………………………………………………… | 226 |
| **ГЛАВА 4. Экология Волги… (В. Каблов, Н. Соколова) …….…………** | 230 |
| 4.1. Экологическая катастрофа Волги ……………………………………….. | 230 |
| 4.2. Решение проблем европейских рек ……………………………………… | 234 |
| 4.3. Проблемы Нижней Волги и прилегающих территорий ……………….. | 235 |
| Литература к 4 главе…………………………………………………………... | 242 |
| **ГЛАВА 5**. **Предложения и мероприятия по сохранению ВАП …………** | 224 |
| * 1. Волго-Ахтубинская пойма и Волжская ГЭС должны быть единой системой (В. Каблов) ………………………………………………………………… | 244 |
| * 1. Пойма – управляемая природно-техническая система (В. Каблов) .. | 247 |
| * 1. Проекты и работы Волжского политехнического института (филиал) ВолгГТУ по улучшению экологической ситуации в Волго–Ахтубинской пойме….................................................................................................. | 249 |
| * 1. Предложения по использованию биоресурсов в Волго-Ахтубинской поймес целью улучшения экологической ситуации (В. Каблов, В.Костин, Н. Соколова)…………………………………….………….……..………. | 259 |
| * + 1. «Озерные щи» (В. Каблов, Н. Соколова)………………………… | 259 |
| * + 1. «Пироги с вязигой и пасленом» (В. Каблов, Н. Соколова) | 259 |
| * + 1. Лекарственные растения поймы (солодка голая, лох, шелковица и др.) (Н. Соколова)……………………………………………………………………… | 260 |
| * + 1. Корма из гидробионтов………………………………………………... | 269 |
| * + 1. Разведение осетровых рыб на местных рыбзаводах и в аквариумной комплексе ВПИ (В. Каблов) …………………………………………... | 273 |
| * + - 1. Волгоградский осетровый завод……………………………… | 273 |
| * + - 1. Программа ВПИ по разведению осетровых рыб и получению кормовых добавок для птицефабрик, разработанных на основе местных биоресурсов ………………………………………………………………… | 275 |
| * + 1. Запасы и использование тростника (В. Каблов, В. Костин, Н. Соколова) … | 276 |
| * + 1. Грибы поймы (В. Костин) …………………………………………….. | 280 |
| * 1. Возможности использования на территории Волго-Ахтубинской поймы альтернативных источников энергии ………………………………………… | 284 |
| * + 1. Биогазовые технологии (В. Каблов, В. Костин, Н. Соколова) ………… | 284 |
| * + 1. Твердое биотопливо – топливные гранулы (В. Костин, Н. Соколова)………………………………………………………………………………. | 292 |
| * + 1. Использование солнечной энергетики (В. Костин) ...……………… | 293 |
| * + 1. Энергоэффективные здания (В. Костин) …………………………… | 295 |
| * + 1. Использование экологичных транспортных средств для туризма на территории ВАП (В Костин)..……………………………………………………… | 296 |
| * 1. Развитие сельского хозяйства в пойме (Каблов В., Соколова Н.) … | 297 |
| * 1. Применение малой авиации, беспилотников, новых технологий и технических средств в локализации и тушение лесных пожаров и возгорании ….. | 299 |
| * + 1. Методы применение малой авиации, беспилотников и огнезащитных составов в локализации и тушение лесных пожаров и возгораний (С. Благинин, В. Каблов) ……………………………………………………………… | 299 |
| * + 1. Противопожарная тактика дронов … и другие новые технологии и средства пожаротушения *(немного фантастики)*( В. Каблов) …………………….. | 313 |
| Литеатура к разделу 5.7………………………………………………………... | 329 |
| * 1. Восстановление рыбных богатств Поймы (С. Яковлев) ...…………. | 334 |
| Литература к 5 главе ………………………………………………………… | 345 |
| ГЛАВА 6. Эсхатология поймы. Пресса о ситуации, сложившейся в Волго-Ахтубинской Пойме в 2015году …………………………………………………….. | 351 |
| 6.1. Проблемы Волго-Ахтубинской поймы входят в число приоритетных работобщественной палаты области ……………….………………………………. | 351 |
| 6.2. Зарегулирование стока воды плотинами и проблемы Волго-Ахтубинской поймы………………………………………………………………….. | 352 |
| 6.3. Волго-Ахтубинской пойме из-за маловодья грозит экологическая катастрофа…………………………………………………………………………….. | 353 |
| 6.4. Строительство мини-ГЭС на Ахтубе может решить вопрос маловодья Волго-Ахтубинской поймы …………………………………………………………… | 354 |
| 6.5. Волго-Ахтубинская пойма находится в шаге от экологической катастрофы…………………………………………………………………………….. | 357 |
| 6.6. Волго-Ахтубинская пойма засохнет?........................................................ | 358 |
| 6.7. Жителей Поволжья спасут от маловодья Волги ……………………….. | 363 |
| 6.8. Обводнение Волго-Ахтубинской поймы ……………..………………… | 363 |
| 6.9. Волго-Ахтубинскую пойму спасают искусственными реками ……… | 365 |
| 6.10. Сохранять Волго-Ахтубинскую пойму будут в рамках концепции … | 366 |
| 6.11. В этом году в пойму закачают 50 миллионов кубометров воды …… | 367 |
| 6.12. В Волго-Ахтубинскую пойму закачали почти 11 миллионов кубов воды …………………………………………………………………………………….. | 368 |
| 6.13. Ахтубинский гидроузел для спасения поймы начнут строить в 2017 году …….............................................................................................................. | 369 |
| 6.14.На обводнение Волгоградской области направят 90 млн рублей ……. | 369 |
| 6.15. Сильнейшая засуха на Нижней Волге угрожает уникальной экосистеме Волго-Ахтубинской поймы ……………………………………………... | 370 |
| 6.16. Природа не прощает пренебрежительного отношенияк ней ………… | 372 |
| 7. Большая вода. Экологическая ситуация в 2016 году …………………… | 375 |
| 7.1. Волго-Ахтубинская пойма приобретает вторую жизнь ……………… | 375 |
| 7.2. Апрель…………………………………………………………………… | 377 |
| 7.2.1. Волжская ГЭС: сбросы воды в пойму увеличатся до среднемноголетних значений………………………………………………………… | 377 |
| 7.2.2. В ерики и озера Волго-Ахтубинской поймы возвращается вода …… | 379 |
| 7.2.3. Пойма в Волгоградской области напитывается долгожданной водой | 380 |
| 7.2.4. Поможет ли весенний паводок Волго-Ахтубинской пойме ………… | 381 |
| 7.3. Май………………………………………………………………………… | 382 |
| 7.3.1. Волжская ГЭС перешла в режим максимальных сбросов ………… | 382 |
| 7.3.2. Волго-Ахтубинская пойма обретает вторую жизнь ………………… | 383 |
| 7.3.3. Канал в обход ГЭС ……………………………………………………… | 384 |
| 7.3.4. Акцент – на Волго-Ахтубинской пойме ……………………………… | 384 |
| 7.4. Ну вот и все! На Волжских и Камских гидроузлах РусГидро завершилось половодье……………………………………………………………… | 385 |
| 8. Волжская ГЭС и экология (В. Каблов, Л. Курылева) …………………… | 388 |
| 8.1. Экологические проекты Волжской ГЭС ……………………………… | 388 |
| 8.2. Регулирование волжского каскада: мифы и реальность ……………… | 397 |
| 9. Возрождение экосистем поймы (восстановительная экология экосистем) (В. Каблов, Н. Соколова) ……………………………………………… | 401 |
| Литература к главе 9…………………………………………………………… | 417 |
| 10. Отзывы о книге и проблемах Волго-Ахтубинской поймы и ее возрождении. Предложения и суждения…………………………........................ | 420 |
| Заключение (В. Каблов, Н. Соколова, В. Костин)..…………...…… | 432 |
| Приложение 1. Обращение к президенту РФ о принятии мер по предотвращению надвигающейся экологической катастрофы на территории Волго-Ахтубинскойпоймы (2011г.) ………………………………………………… | 434 |
| Приложение 2. Перечень публикаций авторов по экологической тематике | 437 |

**TABLE OF CONTENTS**

|  |  |
| --- | --- |
| About the authors | 12 |
| Synopsis…………………………………………………………………………. | 17 |
| Introduction. (Alarm, Calamity Chronicle) | 27 |
| **CHAPTER 1. Our flood land** | 32 |
| * 1. Once it happened to me, and it will happen to you sometime … (V. Kablov) | 32 |
| * 1. My flood land (V. Kablov) | 32 |
| * 1. Lakes full of fish (V. Kablov) | 34 |
| * 1. Volzhskaya Hydropower Station (V. Kablov) | 36 |
| * 1. Magic world (V. Kostin) | 40 |
| * 1. The first textbook of nature (N. Sokolova) | 42 |
| * 1. Mosquito the King, Black Fly the Princess, and Dragonfly the Queen (V. Kablov) | 44 |
| * 1. ECOS Environmental Squad of Volzhsky Polytechnic Institute (branch) of VSTU (V. Kablov) | 45 |
| * 1. The flood land – general description. (V. Kablov, N. Sokolova) | 77 |
| * + 1. Historical and cultural legacy | 77 |
| * + 1. The Akhtuba: history and hydronymy | 78 |
| * + 1. Geography | 82 |
| * + 1. Climate | 84 |
| * + 1. Flood land hydrology and aqueous bodies | 85 |
| * + 1. Ecosystems, unique biotic complexes | 89 |
| * + 1. Wetlands | 91 |
| * + 1. Fauna and key ornithological areas | 91 |
| * + 1. Flora and flood land oak woods | 93 |
| * + 1. Rare plant and animal species | 95 |
| Bibliography for Chapter 1 | 97 |
| **CHAPTER 2. VAFL as a natural-technical system** | 100 |
| * 1. Description of the Lower Volga geotechnical system (V. Kablov) | 101 |
| * 1. Volzhkaya Hydropower Station – the largest water power development on the Volga (V. Kablov) | 101 |
| * 1. Main rules of Volgograd reservoir water use (V. Kablov) | 105 |
| * 1. The specific features of Volga-Akhtuba Flood Land inundation (S. Yakovlev) | 127 |
| * 1. Monitoring the bodies of surface water and adjacent territories (V. Kablov, N. Sokolova) | 138 |
| Bibliography for Chapter 2 | 145 |
| **CHAPTER 3. Think global, act local** | 147 |
| 3.1. Ecological systems – overview (V. Kablov, N. Sokolova) | 147 |
| 3.1.1. Modeling ecosystems and their development | 147 |
| 3.1.2. N.N. Moiseev’s ‘Environmental Ethics Concept’ | 152 |
| 3.1.3. Ethics of responsibility | 154 |
| 3.1.4. Old and new demands | 155 |
| 3.1.5. Priorities of modern society and attitudes to environment | 156 |
| 3.2. The role of biodiversity in ecosystems (V. Kablov, N. Sokolova) | 160 |
| 3.3. The myths about environmental management and environmental impact assessment (V. Kablov, N. Sokolova) | 163 |
| 3.3.1. The myths about environmental management | 163 |
| 3.3.2.The myths about environmental impact assessment | 165 |
| * 1. Present-day environmental impact assessment activities (V. Kablov) | 167 |
| * 1. The consequence of uncertainty (v. Kablov) | 169 |
| * 1. System sustainability and flexibility | 170 |
| * 1. Ecosystem description, study procedures and methods (V. Kablov) | 171 |
| * 1. The nature and behavior of ecosystems (V. Kablov) | 172 |
| * 1. Spatial behavior (V. Kablov) | 174 |
| * 1. Sustainability and elasticity (V. Kablov) | 175 |
| * 1. Dynamic changeability (V. Kablov) | 180 |
| * 1. The system ecology of the flood land. The flood land as an open thermodynamic system (V. Kablov) | 183 |
| 3.12.1. The systemic approach to ecological systems and the general theory of systems | 183 |
| 3.12.2. Functional and physical analysis | 193 |
| 3.12.3. Thermodynamic approach | 194 |
| 3.12.4. Evaluating the flood land system complexity | 201 |
| 3.12.5. Non-linear flood land dynamics. Kinetics and synergy. Behavior of non-linear non-equilibrium systems | 203 |
| 3.12.6. Example of a catastrophe in an ecosystem | 207 |
| 3.12.7. The critical dependence of ecological parameters on the intensity of external factors | 208 |
| 3.12.8. Several models of ecosystems | 210 |
| 3.12.9. Forecasting the Volga river regime | 214 |
| 3.12.10. The role of biota in shaping the flood land (V. Kablov) | 222 |
| Bibliography for Chapter 3 | 226 |
| **CHAPTER 4.Volga ecology (V. Kablov, N. Sokolova)** | 230 |
| 4.1. Volga environmental disaster | 230 |
| 4.2. Solution to the challenge of Europe’s rivers | 234 |
| 4.3. The challenges of the Lower Volga and adjacent areas | 235 |
| Bibliography for Chapter 4 | 242 |
| **CHAPTER 5**.**Proposals and activities targeting VAFL preservation** | 224 |
| * 1. The Volga-Akhtuba Flood Land and Volzhsakaya Hydropower Station must become an integrated system (V. Kablov) | 244 |
| * 1. The flood land is a controlled natural-technical system (V. Kablov) | 247 |
| * 1. Projects and work performed by Volzhsky Polytechnic Institute (branch) of VSTU to improve the environmental situation in the Volga-Akhtuba Flood Land | 249 |
| * 1. Proposals regarding the use of bioresources in the Volga-Akhtuba Flood Land to improve the environmental situation | 259 |
| 5.4.1. ‘Lake soup’ (V. Kablov, N. Sokolova) | 259 |
| 5.4.2. ‘Pies with dried spinal cord and black nightshade’ | 259 |
| 5.4.3. Medical plants of the flood land (licorice, oleaster, mulberry, etc.) (N. Sokolova) | 260 |
| 5.4.4. Breeding sturgeon fish at local fish farms and in the aquarium complex of VPI (V. Kablov) | 269 |
| 5.4.5.1. Volgograd sturgeon farm | 273 |
| 5.4.5.2. VPI’s program to breed sturgeon fish and obtain fodder additives for poultry factories based on local biological resources | 275 |
| 5.4.6. The reserves and use of reed (V. Kablov, V. Kostin, N. Sokolova) | 276 |
| 5.4.7. The mushrooms of the flood land (V. Kostin) | 280 |
| 5.5. Possibilities for using alternative power sources in the territory of the Volga-Akhtuba Flood Land | 284 |
| 5.5.1. Biogas technologies (V. Kablov, V. Kostin, N. Sokolova) | 284 |
| 5.5.2. Solid biofuel – fuel granules (V. Kostin, N. Sokolova) | 292 |
| 5.5.3. Using solar power (V. Kostin) | 293 |
| 5.5.4. Energy-efficient buildings (V. Kostin) | 295 |
| 5.5.5. Using eco-friendly transport for tourism at VAFL (V. Kostin) | 296 |
| 5.6. Developing agriculture at the flood land (V. Kostin) | 297 |
| 5.7. Making use of small aircraft, drones, new technologies and solutions to localize and extinguish forest fires and fire outbreaks | 299 |
| 5.7.1. Methods for using small aircraft, drones and fire protection compounds in localizing and extinguishing forest fires and fire outbreaks (S. Blaginin, V. Kablov) | 299 |
| 5.7.2. Firefighting drone tactic and other new technologies and firefighting facilities *(a bit of science fiction)* (V. Kablov) | 313 |
| 5.8. Restoration of fish riches of the flood land (S. Yakovlev) | 334 |
| Bibliography for Chapter 5 | 345 |
| **CHAPTER 6. Flood land eschatology. Media coverage of the situation at the Volga-Akhtuba Flood Land in 2015** | 351 |
| 6.1. The problems of the Volga-Akhtuba Flood Land are among the priorities of the regional civic chamber | 351 |
| 6.2. Water flow overregulation by dams and Volga-Akhtuba Flood Land problems | 352 |
| 6.3. Volga-Akhtuba Flood Land to face environmental calamity due to lack of water | 353 |
| 6.4. Building a small hydropower plant can help solve the water deficit problem of the Volga-Akhtuba Flood Land | 354 |
| 6.5. Volga-Akhtuba Flood Land one step away from environmental disaster | 357 |
| 6.6. Will Volga-Akhtuba Flood Land dry up? | 358 |
| 6.7. Volga residents will be saved from Volga water deficiency | 363 |
| 6.8. Volga-Akhtuba Flood Land water supply | 363 |
| 6.9. Manmade rivers to save Volga-Akhtuba Flood Land | 365 |
| 6.10. Saving Volga-Akhtuba Flood Land becoming part of strategy | 366 |
| 6.11. 50 million cubic meters of water to pump into the flood land | 367 |
| 6.12. Nearly 11 million cubic meters of water pumped into Volga-Akhtuba Flood Land | 368 |
| 6.13. Akhtuba water development complex construction kickoff planned for 2017 | 369 |
| 6.14. RUR90 m to spend in Volgograd region on water supply | 369 |
| 6.15. Lower Volga severest drought to threaten Volga-Akhtuba ecosystem | 370 |
| 6.16. [Nature does not forgive mistreatment](http://akk34.ru/?p=197) | 372 |
| 7. Spring flood. Environmental situation in 2016. | 375 |
| 7.1. The Volga-Akhtuba Flood Land is getting a second life | 375 |
| 7.2. April | 377 |
| 7.2.1. Volzhskaya Hydropower Station: water discharges into the flood land area will increase to long-term average annual values | 377 |
| 7.2.2. Water is back in yeriks and lakes of the Volga-Akhtuba Flood Land | 379 |
| 7.2.3. The flood land of the Volgograd region being fed with long-awaited water | 380 |
| 7.2.4. Will the spring flood help the Volga-Akhtuba Flood Land? | 381 |
| 7.3. May | 382 |
| 7.3.1. Volzhskaya Hydropower Station has switched to the maximum discharge mode | 382 |
| 7.3.2. The Volga-Akhtuba Flood Land is getting a second life | 383 |
| 7.3.3. Canal to bypass the hydropower station | 384 |
| 7.3.4. The emphasis is on the Volga-Akhtuba Flood Land | 384 |
| 7.4. It’s all over now! Floods end at RusHydro’s Volga and Kama water complexes. | 385 |
| 8. Volzhskaya Hydropower Station and ecology (V. Kablov, L. Kuryleva) | 388 |
| 8.1. Environmental projects of Volzhskaya Hydropower Station | 388 |
| 8.2. Volga cascade regulation: myths and reality | 397 |
| 9. Revival of flood land ecosystems (ecosystem restoration ecology) (V. Kablov, N. Sokolova) | 401 |
| Bibliography for Chapter 9 | 417 |
| 10. Reviews on the book and problems of the Volga-Akhtuba Flood Land and its revival. Suggestions and remarks | 420 |
| Conclusion (V. Kablov, N. Sokolova, V. Kostin) | 432 |
| Annex 1. Appeal to the President of Russia to take action to prevent the impending environmental disaster in the territory of the Volga-Akhtuba Flood Land (2011) | 434 |
| Annex 2. List of publications by the authors on ecology | 437 |