

**ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ**

УДК 504.12

**С.А. Бузмаков****АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ**

Дается концепция антропогенной трансформации природной среды. Трансформация показана как последовательность деградиционных и восстановительных стадий (фаз) изменений экосистем. Приведены основные качественные состояния биотопа и биоты при антропогенной трансформации.

**Ключевые слова:** антропогенная трансформация; природная среда; экосистема; деградация; восстановление; биота; биотоп.

С экологической точки зрения устойчивое развитие должно обеспечивать целостность природных систем. Особое значение имеет устойчивость экосистем, от которых зависит глобальная стабильность всей биосферы. Более того, понятие экологических систем можно понимать широко, включая в них созданную человеком среду, такую как, например, города. Основное внимание уделяется сохранению способностей к самовосстановлению и динамической адаптации таких систем к изменениям, а не сохранению их в некотором статическом состоянии. Деградация природных ресурсов, загрязнение окружающей среды, утрата ландшафтного и биологического разнообразия сокращают способность экологических систем к самовосстановлению.

Антропогенная трансформация природной среды – процесс изменения природных компонентов и комплексов под воздействием производственной и любой другой деятельности людей. Преобразование экосистем вызывается совокупностью экологических и биогеохимических процессов, связанных с различной деятельностью людей, направленной на перемещение, извлечение из окружающей среды, концентрирование и перегруппировку минеральных и органических соединений, сопровождается изменением природных компонентов, приводит к нарушению метаболизма, функционированию и структуры исходных экосистем, вплоть до перехода их в результате смен состояний (фаз) из ряда биогенных в абиогенные.

Экосистема длительное время остается основной парадигмой современной экологии и географии. Вещественно-энергетические потоки регулируются при участии информационных взаимодействий. Границы экосистемы определяются исследователями исходя из решения конкретных задач. Естественно, при этом возникает необходимость классифицировать экосистемы на основе тех или иных принципов с учетом поставленных задач. Типизация предполагает предварительное знание объектов. Однако классификация экосистем осуществляется чаще всего в рабочем порядке исходя из недостаточно исследованных или гипотетических свойств. При этом учитываются как общие и поверхностные сведения, так и точные, но формальные критерии. Часто принята произвольная масштабность, за пределами которой тот или иной компонент считается «элементом» системы, далее неделимым. В другом случае он может сам рассматриваться как система [4].

Очень сходны представления об экосистеме и о биогеоценозе, в настоящее время эти понятия нередко считаются синонимами. Биогеоценоз есть частный случай более общей концепции экосистемы. Часто его приравнивают к фации – наименьшей категории территориальных комплексов, обычно принимаемой в ландшафтоведении [6].

В.И. Вернадский [2; 3] на основе большого описательного и расчетного материала показал, что вся совокупность организмов нашей планеты, несмотря на ничтожную по сравнению с неживым веществом массу, представляет собой мощный глобальный фактор, преобразующий всю земную поверхность. Живое вещество обладает огромной геохимической активностью за счет различных катализаторов.

---

© Бузмаков С.А., 2012

**Бузмаков Сергей Алексеевич**, доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой биогеоценологии и охраны природы Пермского государственного национального исследовательского университета; 614990 Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15; lep@psu.ru

Начальные и конечные стадии развития эндогенной трансформации характеризуются различными тенденциями. Абсолютная величина, скорость и время изменений, необходимое для достижения стационарного состояния, могут варьироваться в зависимости от различных климатических и физико-географических ситуаций и разных признаков экосистемы в одной и той же физической среде. При наличии хороших исходных данных кривые скорости изменений имеют обычно выпуклую форму. Тенденции изменения основных характеристик экосистемы, которые можно наблюдать в ходе эндогенной трансформации, таковы: возрастают объем биомассы и количество органического детрита, увеличивается объем валовой продукции за счет первичной; объем вторичной продукции изменяется незначительно, уменьшается чистая продукция, увеличивается интенсивность дыхания, соотношение процессов приближается к равновесию. Круговороты биогенных компонентов становятся все более замкнутыми, увеличиваются время оборота и запас важных элементов, возрастает коэффициент цикличности, удерживается и сохраняется большее количество биогенных соединений [5]. В структуре биотического сообщества изменяется его видовой состав, возрастает не только видовое разнообразие, но и выравненность как компонент разнообразия, усложняются и удлиняются жизненные циклы, в значительной степени развивается взаимовыгодный симбиоз. Стабильность экосистемы обычно характеризуется ростом резистентной устойчивости и снижением упругой. В целом возрастает эффективность использования энергии и биогенных элементов.

Перечисленные тенденции наблюдаются в случае, если в сообществе преобладают внутренние эндогенные процессы. Влияние внешних возмущений может повернуть вспять или иным образом изменить эти тенденции развития.

На ранних стадиях автотрофной трансформации в среде, лишенной органического вещества, скорость образования первичной продукции, или общий фотосинтез, превышает скорость дыхания сообщества. В условиях, когда трансформация протекает в богатой органической среде, которую первыми заселяют бактерии и другие гетеротрофные организмы, сукцессия называется соответственно гетеротрофной. Однако в обоих случаях, согласно теории, по мере развития восстановления в зрелой, или узловой, экосистеме наблюдается тенденция равновесия между связанной энергией и энергией, затрачиваемой на поддержание биомассы.

Привнесенные вещества или энергия, антропогенные нарушения могут остановить, изменить или повернуть вспять трансформацию экосистемы. Деграция во многих аспектах обратна восстановлению. Если влияние внешних факторов сильнее влияния внутренних процессов, то экосистема не в состоянии стабилизироваться и, заполняясь антропогенными веществами, может изменить основной тренд своих трансформационных колебаний.

Трансформация экосистемы состоит в изменении во времени и пространстве биотопа, биотических компонентов и биоценологических процессов. Если изменения вызываются в основном внутренними взаимодействиями, то происходит так называемая эндогенная трансформация (восстановление). Если изменения регулярно определяются внешними силами среды на входе, то такие изменения называются экзогенными (деградация). Воздействие антропогенных факторов обуславливает смену состояний наземных экосистем деграционного и восстановительного направления, зонального и азонального характера.

Свойства биотопа с увеличением воздействия изменяются от зональной нормы к экстремальным (азональным) параметрам. Трансформация экосистемы происходит по зональному ряду (относительно обратимое состояние) и азональному (необратимое состояние), при этом вероятность перехода в азональный тренд восстановления возрастает с величиной техногенного фактора.

Полученные экспериментальные данные, результаты полевых обследований, анализ литературных источников позволяют дать основное направление антропогенной трансформации экосистем.

В существующем в современных автотрофных экосистемах типе биогеохимического обмена участвуют автотрофы-продуценты, гетеротрофы-консументы, гетеротрофы-редуценты (сапротрофы) и биотоп.

Результаты экспериментов позволяют достаточно достоверно определить основные направления, фазы техногенной трансформации экосистем. Под фазой техногенной трансформации понимается одно из качественно различных состояний изменяющейся экосистемы, отличающееся особой характеристикой биотопа, функциональных групп биоты. Каждая фаза трансформации создает комплекс условий для реализации следующей за ней. Это должно приводить к функциональной разнокачественности состояний и необходимости последовательного их прохождения в определенном обратимом порядке.

Анализ результатов биотестирования показал, что, несмотря на применение несколько отличающихся друг от друга поллютантов, различных видов субстрата, наблюдаются однообразные ответные реакции биоты и изменений биотопов. Жизнедеятельность микроорганизмов более сложно зависит от дозы поллютантов. Гетеротрофы-редуценты органического вещества на первоначальные воздействия реагируют положительно; затем наступает период отсутствия ответной реакции, при высоком уровне метаболизма микроорганизмов; при еще большем количестве нефтепродуктов наступает снижение жизнедеятельности микробсообщества (вплоть до полного прекращения).

С увеличением антропогенной нагрузки, определяющей соответствующие изменения биотопа, биотический компонент последовательно достигает состояния минимального оптимума, равновесного оптимума, максимального оптимума, пессимального состояния (рис. 1). В зависимости от величины нагрузки и соответствующего изменения биотопа биотический компонент проходит техногенные состояния неравновесного минимального оптимума, равновесного оптимума, неравновесного максимального оптимума, пессимума.

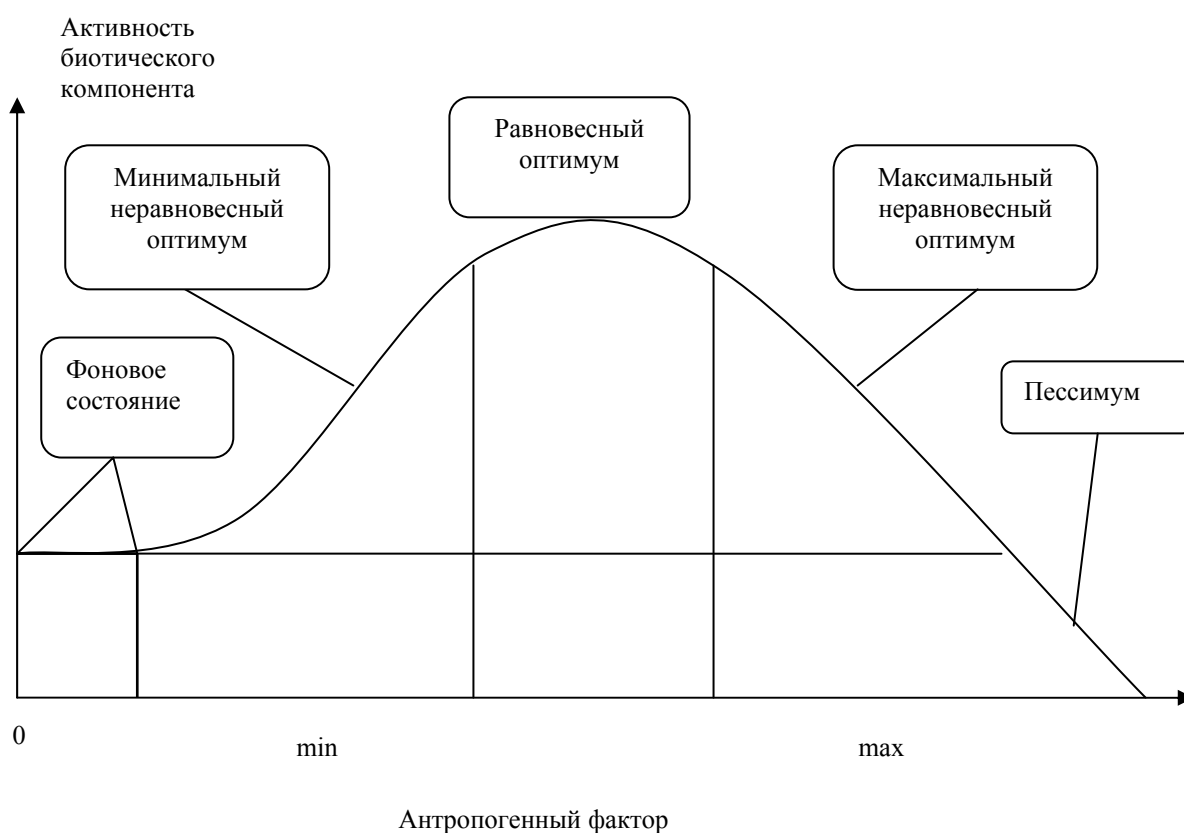


Рис.1. Основные состояния биотического компонента при антропогенном воздействии

Моделирование антропогенного загрязнения нефтепродуктами [1] показало, что растения положительно или нейтрально реагируют лишь на самые незначительные дозы нефти. Избыточное поступление нефти изменяет водно-воздушные условия почвенного субстрата. При увеличении концентрации поллютанта начинается снижение жизнедеятельности автотрофов-продуцентов, выражающееся в разнокачественных состояниях: от затруднений в росте до прекращения существования.

Потребление органики активизирует сапрофитные и нефтеокисляющие микроорганизмы, в результате чего их жизнедеятельность способствует развитию анаэробных условий, которые угнетают и растения. Формируется равновесная сапротрофная экосистема. Скорость утилизации нефтепродуктов зависит от обеспеченности влагой и воздухом. При оптимальном содержании органики она перестает быть лимитирующим фактором, такими факторами становятся универсальные, но малодоступные в условиях нефтяного загрязнения влага и воздух.

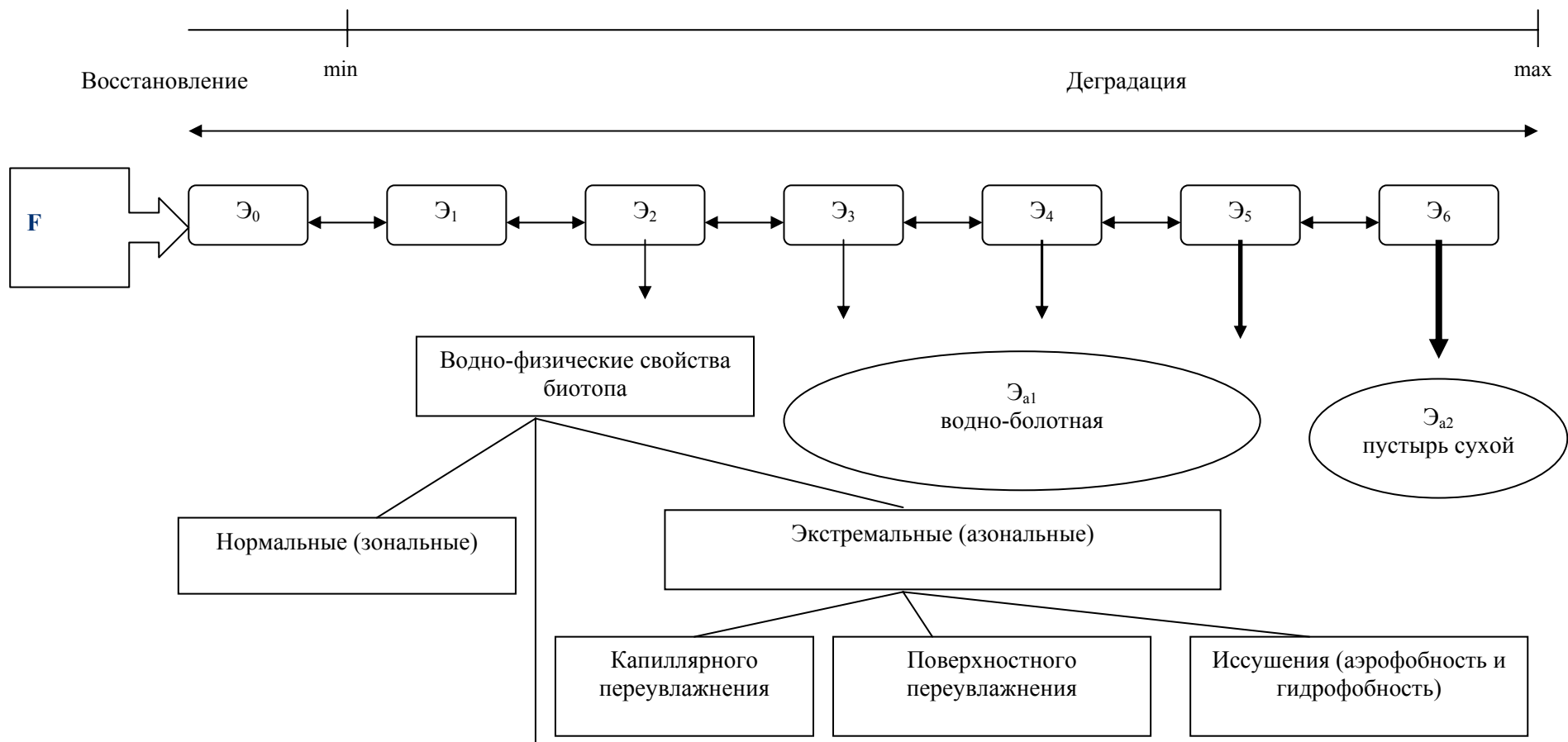


Рис. 2. Схема антропогенной трансформации наземной экосистемы: F – антропогенный фактор; Э<sub>0</sub> – фоновая зональная экосистема; Э<sub>1</sub> – оптимальная автотрофная экосистема, Э<sub>2</sub> – угнетенная автотрофная; Э<sub>3</sub> – неравновесная сапротрофная, Э<sub>4</sub> – равновесная оптимальная сапротрофная; Э<sub>5</sub> – неравновесная сапротрофная, Э<sub>6</sub> – угнетенная сапротрофная

На рис.2 показана принципиальная схема антропогенной трансформации. При поступлении нефти в фоновую зональную экосистему ( $\text{Э}_0$ ) в зависимости от количества поллютанта она может деградировать до оптимальной автотрофной экосистемы ( $\text{Э}_1$ ), угнетенной автотрофной ( $\text{Э}_2$ ), неравновесной сапротрофной ( $\text{Э}_3$ ), равновесной оптимальной сапротрофной ( $\text{Э}_4$ ), неравновесной сапротрофной ( $\text{Э}_5$ ), угнетенной сапротрофной ( $\text{Э}_6$ ).

Трансформация экосистемы может происходить по зональному ряду (обратимое восстановление) и азональному (необратимое). Вероятность перехода в азональный ряд восстановления возрастает с увеличением концентрации нефтепродуктов и их аккумуляцией в субстрате после перехода в переувлажненный режим. Основные трансформации биотопа: зональная – азональная – абиогенная.

Антропогенные факторы изменяют состояние биотопа и биотических компонентов, в результате чего формируются упрощенные автотрофные, гетеротрофные и сапротрофные экосистемы.

Например, формирование городской среды вызывает соответствующую трансформацию ее природной основы. Возникает и расширяется процесс деградации, в ходе которой происходят увеличение доли элементарных экосистем с экстремальными свойствами биотопов и упрощение биотической составляющей преобразованных наземных экосистем. Некоторые из деградированных азональных экосистем так занимательны, что местные активисты и жители сохраняют их в качестве особо ценных объектов (ООПТ «Утиное болото» г.Перми).

В практическом отношении актуальны на основе теории антропогенной трансформации разработка методов оценки и прогнозирования состояния природы, создание и использование технологий экологического восстановления для среды обитания человека. Современная оптимизация окружающей среды должна основываться на целенаправленном формировании управляемых природно-антропогенных экосистем с регулируемыми параметрами и более высокой устойчивостью по отношению к комплексу вредных воздействий.

### Библиографический список

1. Бузмаков С.А., Башин Г.П. Метод оценки воздействия остаточных нефтепродуктов на почвы // География и природные ресурсы. 2004. № 2. С.119-122.
2. Вернадский В.И. Биосфера. М.:Мысль, 1967. 376 с.
3. Вернадский В.И. Живое вещество. М.:Наука, 1978. 358 с.
4. Второв П.П., Дроздов Н.Н. Биогеография. М.: Просвещение, 1978. 271 с.
5. Одум Ю. Экология. М.: Мир, 1986. 328 с.
6. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1978. 319 с.

**S.A. Buzmakov**

### ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION OF ENVIRONMENT

The concept of the anthropogenic transformation of the environment is developed. The transformation is shown as a sequence of degradation and regenerative stages (phases) of changes of the ecosystem. The main qualitative states of the biotope and the biota at the anthropogenic transformation are considered.

**Key words:** anthropogenic transformation; environment; ecosystem; degradation; regeneration; biota; biotope.

**Sergey A. Buzmakov**, Doctor of Geography, Professor, Head of Department of Biogeocenology and Nature Protection, Perm State National Research University; 15 Bukireva, Perm, Russia 614990; lep@psu.ru