

**А.И. Андрухович**

*Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка, г. Минск, Республика Беларусь*

## **УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИРОДНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ К ТЕХНОГЕННЫМ ЗАГРЯЗНЕНИЯМ**

### **Аннотация**

В работе приводится анализ устойчивости природных территориальных комплексов к техногенным загрязнениям. Рассматривается устойчивость природных территориальных комплексов по отношению к различным видам антропогенного воздействия. Также приводятся пути решения проблемы устойчивости посредством изучения относительно самостоятельных задач. Анализируются различия в устойчивости природно-территориальных комплексов различных типов.

Библиогр. – 10 назв.

### **Summary**

In work the analysis of stability of natural territorial complexes to technogenic pollution is led. Stability of natural territorial complexes in relation to various kinds of man impact is considered. Also ways of a solution of a problem of stability by means of studying concerning independent problems are resulted. Distinctions in stability of territorial complexes of various types are analyzed.

Refs. 10 titles

**Введение.** Устойчивость - одно основополагающее понятие экологии ландшафтов. Проблема устойчивости имеет практическое происхождение. Она стала актуальной в связи с потерей ландшафтами части своих полезных для общества свойств в результате разнообразной хозяйственной деятельности человека.

Устойчивость ПТК (природно-территориального комплекса) – это свойство геосистемы сохранять свою структуру и характер функционирования при изменяющихся условиях его среды [1, с. 34]. Принято рассматривать структурный и функциональный аспекты устойчивости. Аспект вертикальной и горизонтальной структуры ПТК отражает форму постоянства объекта, которое задается соответствующим инвариантом. Устойчивость в аспекте функционирования отражает форму развития объекта через смены суточных, сезонных, годовых состояний, через преобразовательную и стабилизирующую динамику, в основе которой лежит отрицательная обратная связь [2, с. 28]. Под устойчивостью ПТК понимается их способность сохранять под влиянием внешних (природных и антропогенных) воздействий свою структуру. Снятие антропогенной нагрузки приведет к возврату ПТК в практически прежнее состояние за счет ее саморегулирования. Устойчивостью природно-антропогенных ТК (территориальных комплексов) чаще всего называют способность их, испытывая внешние воздействия, продолжать выполнять социально-экономические функции (ресурсовоспроизводство, средовоспроизводство и др.) в заданных пределах. Устойчивость таких систем обеспечивается сочетанием процессов управления и саморегуляции.

**Материалы и методы исследования.** Понятие устойчивости, заимствованное из техники, распространилось на ПТК в начале 80-х годов. Это связано с резко возросшим интересом к проблемам сохранения свойств ПТК как ресурсовоспроизводящих систем. Уже к началу 90-х годов прошлого века насчитывалось более 60 определений устойчивости [3, с. 28]. Оценка различных взглядов на понятия устойчивости, основывается, в основном на обобщающей работе А.Д.Арманда [4, с. 126]. Устойчивость, как вероятность сохранения данного объекта в течение некоторого времени [5, с. 52]. В.С. Преображенский [6, с. 137], говоря о статусе проблемы устойчивости, обратил внимание на то, что она не имела самостоятельного положения, а рассматривалась как бы попутно. Исследования, проводимые под руководством В.Б. Сочавы значительно расширили наши представления об инварианте геосистем, о серийно-динамических рядах элементарных геоморф., т.е. «работали» на проблему устойчивости. Другой пример: изучение влияния водохранилищ на ПТК. Эти исследования позволили выявить зоны, подзоны, пояса влияния, их высотные и горизонтальные границы, направления трансформации геосистем, т.е. рассматривалась проблема устойчивости ландшафтов в контексте общих экологических проблем под влиянием создания водохранилищ (антропогенного фактора).

По отношению к различным видам антропогенного воздействия устойчивость может быть трех видов: физическая, химическая и биологическая. Физическая устойчивость как основа динамического равновесия определяется, прежде всего, поступающим в ПТК внешним потоком энергии. Постоянство колебаний его характеристик во времени и создает устойчивость. Увеличение амплитуды колебаний нарушает сложившееся равновесие внутри отдельных компонентов ПТК и внешние взаимосвязи между ними. Поэтому устойчивое физическое «состояние» сохраняется не при постоянном потоке энергии, а применительно к природным ТК при постоянстве колебаний этого потока во времени. Химическая устойчивость зависит от направленности, степени и скорости превращения веществ, составляющих материальный мир. Такие процессы в ПТК могут сопровождаться (или не сопровождаться) изменениями их состава и строения. Равновесие поддерживается постоянством колебаний во времени химических параметров воздуха, воды, живых организмов, почв, а также стабильностью и постоянством «химического обмена» между компонентами ПТК. Биологическая устойчивость также присуща ландшафтам. Особо следует подчеркнуть, что она относится не к отдельным особям, а к популяции и ее значение не меньше физической и химической. Безусловно, все три вида

устойчивости тесно связаны между собой, однако насколько «потеря» одной из них приводит к «потерям» остальных – вопрос сложный, и в различных географических условиях ответ на него может быть разным.

**Обобщение результатов.** По мнению [3, с. 36] проблема устойчивости решается путем последовательного изучения пяти относительно самостоятельных задач. *Первая* из них – это сопряженный анализ пространственно-временной изменчивости показателей ПТК на «входе» и «выходе». Поскольку ПТК – это системы открытые с элементами гомеостаза, то анализ пространственной и особенно временной структуры внешних (входных) сигналов приобретает важное значение. Все воздействия могут быть охарактеризованы силой, напряженностью потока и хроноорганизацией. Различают эпизодические и периодические воздействия. Эпизодические воздействия носят характер импульса, который в зависимости от силы способен переводить ПТК в новое состояние или не сказываться на ее функционировании и структуре. Периодические, а чаще всего квазипериодические воздействия могут быть описаны характеристиками времени, частотой и длиной волны.

*Вторая задача* решения проблемы устойчивости – анализ изменчивости круговорота вещества и устойчивости взаимодействия потоков вещества и энергии. Задача чрезвычайно трудоемкая из-за необходимости проведения многолетних стационарных исследований [3, с. 38].

*Третья задача* – определение изменчивости показателей ПТК по трофическим цепям и роли гетеротрофов как фактора устойчивости. Гетеротрофный механизм устойчивости в первую очередь определяется типом питания. Тип питания коррелирует уровень первичной биологической продуктивности. Первичная продукция служит основным источником энергии для гетеротрофов. Гетеротрофы поддерживают гомеостаз биотической системы.

*Четвертая задача* касается выявления критических значений каждого из компонентов ПТК в отдельности, пространственно-временных экстремальных характеристик и предельно допустимых норм антропогенных экстремальных воздействий. Одной из наиболее актуальных проблем в этом отношении является установление пределов геохимической и биогеохимической совместимости техногенных и естественных потоков вещества для каждого из компонентов ПТК, обладающих своим характерным временем.

Наконец, *пятая задача*, наиболее сложная -- выявление пространственно-временной изменчивости и устойчивости ареалов ПТК, их пространственной структуры как результата функционирования. Говоря об устойчивости ПТК необходимы две существенные оговорки: о каком ранге систем идет речь и каковы принципы выделения иерархии геосистем. Поэтому исследуя устойчивость систем разных иерархических уровней, необходимо нахождение строгого физической обусловленности геометрии ПТК (их рисунка) и т.д. Геометрический и математический анализ рисунка ПТК разных рангов – это первый шаг на пути к научному объяснению их устойчивости [3, с. 42].

Устойчивость не означает абсолютной стабильности, неподвижности. Она предполагает колебания вокруг некоторого среднего состояния, т.е. подвижное равновесие. Чем шире естественный «привычный» диапазон состояний, тем меньше риск подвергнуться необратимой трансформации при аномальных внешних воздействиях. Например, ПТК экваториальных лесов, существующие длительное время в стабильных и узко ограниченных условиях теплообеспеченности и увлажнения, менее приспособлены к резким аномалиям этих условий, чем ПТК умеренных широт. Однако противостоять подобным аномалиям позволяют внутренние механизмы саморегулирования, присущие различным ПТК. Благодаря отрицательным обратным связям эффект внешних воздействий «гасится» или, во всяком случае, ослабляется. Один из простых случаев: уменьшение стока в бессточное озеро вызывает сокращение площади зеркала, а тем самым – испарения, и таким образом восстанавливается водный баланс (устанавливается новое подвижное равновесие).

Большую роль в саморегулировании ПТК играет биота – важнейший стабилизирующий фактор благодаря ее мобильности, широкой приспособляемости к абиотическим факторам, способности восстанавливаться и создавать внутреннюю среду со специфическими режимами – световым, тепловым, водным, минеральным. Так, например, экваториальный лес противостоит интенсивному вымыванию элементов минерального питания из почвы путем накопления их в биомассе и интенсификации внутреннего оборота элементов.

Роль других компонентов в поддержании устойчивости неоднозначна и подчас противоречива. Климат и влагооборот быстро реагируют на входные воздействия и сами по себе крайне неустойчивы, но быстро восстанавливаются. Твердый фундамент – один из наиболее устойчивых компонентов, но в случае нарушения не способен восстанавливаться и поэтому его нарушение (в основном в результате денудации) ведет к необратимым изменениям в ландшафте. Поэтому стабильность твердого фундамента - это важная предпосылка устойчивости ПТК, но основным стабилизирующим фактором, поддерживающим гравитационное равновесие в системе и препятствующим денудации, служит растительный покров.

Степень устойчивости ПТК пропорциональна их рангу. Фацции наименее устойчивы к внешним воздействиям и наименее долговечны. ПТК – система значительно более устойчивая, о чем наглядно показывают наблюдения над его реакцией на преднамеренное и непреднамеренное вторжение человека с его хозяйственной деятельностью.

Любой ПТК приспособлен к определенной природной среде, в рамках которой он устойчив и нормально функционирует. В механизме устойчивости ПТК к техногенным нагрузкам роль отдельных

компонентов, процессов или свойств может оказаться неоднозначной и даже противоречивой. Например, с точки зрения противодействия техногенному химическому загрязнению благоприятными внутренними факторами следует считать интенсивный сток и большую скорость ветра. Но те же факторы благоприятствуют эрозии и дефляции, т.е. определяют неустойчивость ПТК к механическому воздействию. Критерии устойчивости к химическому и механическому воздействию в значительной степени исключают друг друга. Даже такой общепризнанный стабилизирующий фактор, как растительный покров, может играть при химическом загрязнении отрицательную роль, поскольку способен аккумулировать вредные соединения и элементы.

**Заключение.** При анализе устойчивости ПТК к техногенным воздействиям необходимо опираться на региональные и локальные ландшафтно-географические закономерности, на таксономию и классификацию ландшафтов.

При самых широких сравнениях отчетливо выявляются различия в устойчивости ПТК различных типов. Так, тундровые ПТК очень неустойчивы ко всяким техногенным нагрузкам. Дефицит тепла определяет низкую активность биогеохимических процессов и медленную самоочищаемость от промышленных выбросов. Мерзлотный водоупор препятствует инфильтрации, а растительный покров легко разрушается при механическом воздействии и очень чувствителен к сернистому ангидриду и другим атмосферным загрязнителям. Неустойчивость растительного покрова служит причиной нарушения теплового равновесия в приповерхностном слое многолетнемерзлой толщи, что ведет к просадкам, термокарсту и т.д.

Таежные ПТК в целом более устойчивы, чем тундровые, благодаря большей теплообеспеченности и мощному растительному покрову. Обильный сток благоприятствует удалению водорастворимых техногенных веществ. Однако биогеохимический круговорот еще довольно замедленный, микробиологическая активность слабая. Существенным отрицательным фактором служит сильная заболоченность. Устойчивость к механическим и другим нагрузкам резко ослабляется при сведении лесного покрова.

В пустынных ПТК интенсивная солнечная радиация способствует быстрому самоочищению от органических загрязнителей, но вынос продуктов техногенеза замедлен из-за недостатка влаги, и эти продукты легко накапливаются на геохимических барьерах – понижениях, впадинах. Растительность пустынь устойчива к тяжелым металлам и способна накапливать их, тем самым, содействуя аккумуляции их в ПТК. Легкая ранимость растительности обуславливает неустойчивость ПТК к механическим нагрузкам, создаваемым выпасом, передвижением транспортных средств и т.д. Минерализованность почвогрунтов и грунтовых вод – фактор неустойчивости к ирригации.

При более детальном анализе в пределах каждого типа может быть обнаружено большое разнообразие условий, связанное со спецификой отдельных ПТК и их видов. Например, в восточноевропейской тайге различная устойчивость к техногенным загрязнениям присуща возвышенным задровым равнинам, холмисто-моренным возвышенностям, низменным заболоченным глинистым равнинам и т.д. Дальнейшая конкретизация требует учета морфологического строения ПТК. В пределах таежных холмисто-моренных ПТК наблюдается большая контрастность урочищ и фаций по их устойчивости к различным воздействиям. От геохимической сопряженности фаций зависит перераспределение внутри ПТК различных техногенных загрязнителей. Наличие геохимических барьеров способствует очищению плакорных и склоновых (автономных) фаций, но обуславливает формирование очагов аккумуляции в местных депрессиях, водоемах, болотах. С другой стороны, «благополучные» в этом отношении вершинные и склоновые фации неустойчивы к механическим нагрузкам (распашке, инженерному освоению, рекреации).

#### Список цитируемых источников

- 1) Охрана ландшафтов: Толковый словарь / М. Данева и др. – М.: Прогресс, 1982. – 271 с.
- 2) Дьяконов, К.Н. Физико-географические аспекты изучения влияния нефтедобывающей техники на природную среду / К.Н. Дьяконов // Вестн. Моск. ун-та. Сер.5. География. - 1974.-№4.-с.27-34
- 3) Дьяконов, К.Н. Геофизика ландшафта. Метод балансов/ К.Н. Дьяконов. – М.: Высш. шк., 1991. – 95 с.
- 4) Арманд, Д.Л. Наука о ландшафте / Д.Л. Арманд. – М.: Просвещение, 1975. – 288 с.
- 5) Глазовская, М. А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР / М. А. Глазовская. М. : Высш. шк, 1988. - 338 с.
- 6) Преображенский, В.С. Основы ландшафтного анализа / В.С. Преображенский, Т.Д. Александрова, Т.П. Куприянова. – М.: Просвещение, 1988. – 192 с.
- 7) Сочава, В.Б. Введение в учение о геосистемах / В.Б. Сочава. – Новосибирск, 1978. – 319 с.
- 8) Бакарасов, В. А. Экология ландшафтов / В. А. Бакарасов ; рец.: В. Б. Кадацкий, М. И. Струк. – Мн.: Высш. шк., 2010. - 263
- 9) Гродзинский, М.Д. Ландшафтно-экологический анализ в мелиоративном природопользовании / М.Д. Гродзинский, П.Г. Шищенко. – Киев, 1993. –244 с.
- 10) Исаченко, А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование / А.Г. Исаченко. – М. Просвещение, 1991.- 366 с.
- 11) Марцинкевич, Г.И. Основы ландшафтоведения / Г.И. Марцинкевич, Н.К. Клицунова, А.Н. Мотузко. – Мн.: Асвета, 1986. – 206 с.
- 12) Счастливая, И.И. Общее ландшафтоведение / И.И. Счастливая. – Мн.: Асвета, 2002. – 90 с.

#### Перечень принятых обозначений и сокращений

**ПТК** – природно-территориальный комплекс;

**ТК** – территориальный комплекс