**Лекция №5**

**ТЕМА: ИЗУЧЕНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЛАНДШАФТОВ**

1. Типизация антропогенных воздействий
2. Оценка антропогенной трансформации геосистем.
3. Эколого-хозяйственный баланс территорий.
4. **Типизация антропогенных воздействий.**

Многообразие человеческой деятельности в ландшафтах приводит к их изменению. Измененные ландшафты, в свою очередь, оказывают обратное воздействие на человека и его хозяйственную деятельность. Последствия взаимодействий для общества могут быть положительными или отрицательными. Отрицательным последствиям антропогенного воздействия уделяется основное внимание.

Сложный процесс «воздействия − последствия» имеет не точечный или линейный характер, а эффект взаимодействия в многокомпонентной системе ландшафта распространяется по сложной, ветвящейся цепи процессов. Любая конкретная локальная или региональная геосистема характеризуется вертикальными и горизонтальными связями, действующими в единстве времени и пространства. В результате их взаимодействия происходит перераспределение влаги, энергии и веществ из горизонтальных потоков в вертикальные и из вертикальных в горизонтальные. Через эти потоки и происходит распространение изменений. Без вертикальных связей распространение последствий от воздействий замыкалось бы на тех компонентах, где возникло, а без горизонтальных было бы локализованным в структурных элементах ландшафта.

Результаты воздействия общества на ландшафты можно разделить на группы

- изъятие из ландшафта энергии или вещества;

- преобразование компонентов ландшафта или его процессов;

- подача в ландшафт энергии или вещества;

- привнесение технических или техногенных объектов в природу.

Выделяют следующие наиболее типичные антропогенные процессы, затрагивающие различные звенья функционирования геосистем:

1. Нарушения гравитационного равновесия в геосистемах. Первичный географический эффект этой деятельности – появление техногенных форм мезорельефа: терриконов, отвалов, карьеров. Для городских территорий более характерно выравнивание рельефа (искусственное заполнение грунтом мелких долин, оврагов, балок и др.), но создаются и специфические насыпные формы (дорожные насыпи, дамбы и др.).

Создание техногенных форм рельефа стимулирует вторичные гравигенные процессы. Побочный эффект техногенного перемещения горных пород затрагивает другие функции ландшафта и приобретает более широкий радиус действия.

Важная особенность гравигенных процессов техногенного происхождения – их необратимый характер.

2. Изменение влагооборота и водного баланса.

3. Нарушение биологического равновесия и биологического круговорота веществ. Биота чрезвычайно чувствительна к антропогенному воздействию и подвергается наиболее сильному преобразованию. Уничтожение и изменение биоценозов как главного стабилизирующего компонента геосистемы неизбежно вызывает нарушение структуры и функционирования последней. Деградация растительности может вызывать интенсификацию денудационных процессов, нарушение водного и температурного режима и т.д. Изменения в структуре биоты характеризуются ослаблением и сокращением числа внутренних связей между компонентами биоты, что ведет к понижению устойчивости экосистем; изменению биологического звена геохимического круговоротов; уменьшению общего объема биомассы и ее годичной продукции.

4. Техногенная миграция химических элементов в геосистемах.

5. Изменение теплового баланса в геосистемах.

Каждому виду антропогенного воздействия на геосистемы присуще свое сочетание и интенсивность указанных процессов. Любой вид воздействия человека на ландшафты, таким образом, приводит к формированию специфических антропогенизированных геосистем на месте природных.

Результат воздействия хозяйственной деятельности человека на ландшафт

можно охарактеризовать:

– изменением его строения, состояния, функционирования; изменением текущей динамики;

– нарушением хода природных циклов и тенденций естественного саморазвития;

– различной реакцией на техногенные нагрузки; изменением устойчивости;

– изменением механизмов устойчивости; выполнением новых функций;

– надежностью выполнения новых функций и интегральным управлением геосистемами;

– негативными последствиями в ходе выполнения новых функции;

– возможными негативными последствиями на соседние ландшафты;

– экологическими ограничениями.

Огромное многообразие проявлений антропогенных воздействий на ландшафты обуславливает необходимость классификации трансформированных хозяйственной деятельностью ландшафтов. Существует большое количество таких классификаций по различным основаниям. Так, ландшафты классифицируются по типу источника антропогенного воздействия (например, сельское хозяйство, промышленность и т.д.), по географическим компонентам или отдельным природным процессам, которые являются непосредственными реципиентами тех или иных воздействий, по глубине преобразованности, по целенаправленности воздействия

По типу источника Ф. Н. Мильков выделил 12 классов природно-антропогенных ландшафтов, в пределах которых выделил типы, более узко характеризующие источники воздействия): селитебные (типы – городской и сельский), промышленные (типы – промышленно-добывающие и промышленно-образабывающие), сельскохозяйственные, дорожные, водные, лесные, рекреационные, беллигеративные (ландшафты военных действий).

По целенаправленности воздействий выделяют:

– *целенаправленные антропогенные ландшафты прямого воздействия* – это антропогенные ландшафты, возникающие в результате целенаправленного запланированного воздействия на природную среду и выполняющие какую-либо хозяйственную функцию,

– *сопутствующие антропогенные ландшафты прямого воздействия* – это антропогенные ландшафты, возникшие в результате незапланированного вынужденного воздействия на природную среду и не выполняющие никаких хозяйственных функций,

– *сопутствующие антропогенные ландшафты косвенного воздействия* – это антропогенные ландшафты, возникшие в результате активизированных человеком неблагоприятных природных процессов,

– *аварийные антропогенные ландшафты* – это антропогенные ландшафты, возникшие в результате техногенных аварий.

А.Г. Исаченко по степени трансформации делит все ландшафты на 4 группы по глубине и характеру произошедгих изменений:

1. Условно неизмененные (первобытные) ландшафты, не подвергшиеся непосредственному хозяйственной использованию и воздействию, в которых можно обнаружить лишь слабые следы косвенного воздействия (например, осаждение техногенных выбросов из атмосферы в Антарктиде, Арктике и высокогорьях).

2. Слабоизмененные ландшафты, подвергающиеся преимущественно экстенсивному хозяйственному воздействию (охота, рыбная ловля, выборочная рубка леса), которое частично затронуло лишь отдельные вторичные компоненты, но основные природные связи не нарушены и изменения имеют преимущественно обратимый характер. К ним автор относит некоторые тундровые, таежные, пустынные, экваториальные, а также горные ландшафты, которые еще не вовлечены в активный хозяйственный оборот.

3. Нарушенные (сильно измененные) ландшафты, которые подверглись интенсивному преднамеренному или непреднамеренному воздействию, затронувшему многие компоненты, что привело к существенному нарушению структуры, часто необратимому и неблагоприятному с точки зрения интересов общества, к развитию таких процессов, так обезлесивание, вторичная эрозия и дефляция, загрязнение вод, почв и атмосферы и т.д. Ландшафты этой группы широко распространены в разных зонах

4. Культурные ландшафты, в которых структура рационально изменена и оптимизирована на научной основе в интересах общества. В настоящее время, как отмечает автор, можно говорить лишь о редких фрагментах подобных ландшафтов.

Коллектив авторов МГУ им. М.В. Ломоносова (Методическое руководство…, 1991) в зависимости от степени изменения выделяет две группы современных ландшафтов – условно-коренные и природно-антропогенные. Последние подразделяются на вторично-производные ландшафты, антропогенные модификации и техногенные комплексы (табл. 2). *Условно-коренными* являются ландшафты, соответствующие основному зональному типу, практически не испытавшие воздействие хозяйственной деятельности либо подверженные локальным эпизодическим воздействиям, не вызывающим в них качественных изменений. К ним авторы относят ландшафты ледовых и некоторых аридных пустынь, высокогорных районов, отдельных участков дождевых лесов, частично таежные и тундровые ландшафты.

Под *вторично-производными* ландшафтами авторы понимают природно-антропогенные ландшафты, возникшие на месте коренных в результате определенных видов хозяйственной деятельности, но существующие относительно устойчиво (десятки, сотни лет) за счет процессов природной самоорганизации, т.е. без ощутимого современного управляющего воздействия человека. К этой категории относятся средиземноморские ландшафты жестколистных кустарников, саванновые редколесья влажных тропиков, дигрессионные сухостепные ландшафты в зоне суббореальных лесовтепей, ландшафты мелколиственных лесов в тайге и т.д.

К *антропогенным модификациям* ландшафтов относятся современные ландшафты, преобразованные в результате хозяйственной деятельности, природные компоненты которых в большей или меньшей степени видоизменены целенаправленным антропогенным воздействием. Они сформировались на обширных пространствах освоенных регионов земного шара – пашни, плантации, лесопосадки, пастбища и т.д..

*Техногенные комплексы* являются наиболее преобразованными природно-территориальными системами. К ним относят водохранилища, антропогенные озёра, карьеры, селитебные ландшафты и др.

Таблица 2. Ступени трансформации ландшафтов (по: Методическое руководство…, 1991)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Категории современных ландшафтов | Трансформация растительного покрова | Интенсивность современного антропогенного воздействия |
| Условно-коренные | Слабая (практически без изменений) | Низкая (практически отсутствует) |
| Вторично-производные | Средняя (возникновение вторичных биотических сукцессий) | Средняя (ограниченное по интенсивности или площади) |
| Антропогенные модификации | Сильная (широкое распространение культурной растительности) | Высокая (интенсивное на значительной [более 50%] площади выдела) |
| Техногенные комплексы | Очень сильная (замена растительного покрова техногенными структурами) | Очень высокая (интенсивное техногенное на значительной [более 50%] площади выдела) |

По характеру антропогенной нагрузки выделяются:

1. Застроенные земли;

2. Возделываемые земли;

3. Земли, используемые в естественном виде;

4. Неиспользуемые земли.

**2. Методы оценки экологического состояния**

Анализ современного экологического состояния геосистем, оценка их экологического потенциала, исследование антропогенных нагрузок – этим закладывается фундамент для последующих конструктивных эколого-географических разработок. При этом не следует пренебрегать любыми, пусть пока еще неполными, несовершенными или косвенными показателями, дающими возможность для начала хотя бы ориентировочно сопоставлять и оценивать геосистемы в различных экологических аспектах. Например, «подбирая ключи» к нерешенной проблеме измерения и оценки антропогенных нагрузок на геосистемы на региональном уровне, полезно использовать такие заведомо приближенные и косвенные, но в значительной мере интегральные и универсальные показатели, как плотность населения (общая и отдельно городского и сельского), сельскохозяйственная освоенность, доля обрабатываемых земель в общей площади (распаханность). Для оценки итогов многолетних антропогенных воздействий, проявившихся в современной структуре ландшафтов, показательно соотношение площадей различных антропогенных модификаций урочищ в общей площади ландшафта.

Основными показателями, предлагаемыми различными авторами для оценки этой нагрузки и трансформации ландшафта, являются:

– геоботанические критерии;

– плотность населения;

– соотношение различных видов использования земель;

– локальные ареалы экологических проблем;

– интегральная оценка по совокупности разнокачественных показателей.

**I. Геоботанические критерии** могут применяться только для оценки экологического состояния геосистем уровня фаций. Они определяются в ходе полевых исследований. Сравнение полученных показателей фитоценоза с существующими эталонными описаниями ненарушенных фаций и шкалами трансформации позволяет оценить степень их антропогенной трансформации.

**II. Плотность населения.** Понятие антропогенной нагрузки приложимо к геосистемам любого уровня, которые нередко подвергаются однотипному воздействию с однородной интенсивностью на всем пространстве отдельных морфологических подразделений ландшафта. Таковы, например, урочища, практически полностью используемые под богарные или орошаемые пахотные земли, кормовые или рекреационные угодья. Но ландшафты и региональные системы более высоких уровней, как правило, одновременно подвергаются многообразным антропогенным нагрузкам, сложно сочетающимся во времени и пространстве. В этих случаях возникает проблема оценки интегральной нагрузки, которая не может основываться на каком-либо едином натуральном показателе. Выход может быть найден в использовании косвенного показателя, имеющего наибольшее интегральное значение. Эмпирически было установлено, что таким показателем может служить общая плотность населения. С изменением плотности населения, как правило, согласуются уровень освоенности территории, интенсивность хозяйственной деятельности и антропогенного воздействия на ландшафты. Увеличение населенности влечет за собой рост потребления различных природных ресурсов (в том числе водных, рекреационных, местных пищевых), увеличение автомобильного парка, количества коммунально-бытовых отходов, не говоря уже об отходах производств, в которых занята активная часть населения.

Для оценки степени нарушенности (освоенности) Б.B. Кочуров рекомендует следующие уровни градации данного показателя:

1. Территории с плотностью населения менее 1 чел./кв. км (малоосвоенные земли с преобладанием естественных ландшафтов);

2. Территории с плотностью населения 1-200 чел./кв. км (земли со средней интенсивностью использования, при преобладании одного вида использования);

3. Территории с плотностью 200-1000 чел./кв. км (интенсивно освоенные земли, с преобладанием антропогенных ландшафтов);

4. Территории с плотностью населения более 1000 чел./кв.км (преимущественно урбанизированные ландшафты).

Данная шкала не является единственно возможной, для каждого конкретного случая допустимо её уточнение в зависимости от величины изучаемой территории, непосредственных единиц оценивания, степени неоднородности распределения населения по территории и др.

**II. Соотношение различных видов использования земель.** Определяется набор видов землепользования на любой территории и площади, занятые каждым из этих видов. Полученные данные лягут в основу определения численного значения антропогенной преобразованности или экологического состояния ландшафта путём вычисления коэффициентов, основные из которых описаны ниже.

***Геоэкологический коэффициент*** рассчитывается по формуле:

,

где *Ср* – % площади ненарушенных (коренных) геосистем на той или иной территории, в ландшафтном районе, ландшафте; *Сд* – % предельно допустимой площади ненарушенных (коренных) геосистем. На основе имеющихся экспертных оценок предельно допустимая площадь естественных геосистем (*Сд*) в зонах арктических пустынь и тундр составляет 98 %, в северной половине тайги и горных районах – 80 %, в зоне южной тайги – 50 %, в зоне широколиственных лесов и лесостепи 30 %, в зоне степей 35 %. По значениям *Кг* оценивается состояние ландшафта в следующих градациях: удовлетворительное – более 1,5; напряженное – 1,1–1,5; критическое – 0,9–1,1; кризисное – 0,5–0,9; катастрофическое – менее 0,50.

***Коэффициент антропогенной преобразованности*** П.И. Шищенко позволяет определить степень антропогенной преобразованности ландшафта по следующей методике. Каждый вид природопользования имеет свой ранг преобразованности (r): охраняемые территории – 1; леса – 2; болота и заболоченные земли – 3; луга – 4; сады – 5; пашня – 6; сельскохозяйственная застройка – 7; городская застройка – 8; водохранилища, каналы – 9; земли промышленного использования – 10. Экспертным методом устанавливается вес каждого вида природопользования в суммарной преобразованности региона. Принят индекс глубины преобразованности (g): охраняемые территории – 1; леса – 1,05; болота, заболоченные земли – 1,1; луга – 1,15; сады, виноградники – 1,2; пашня – 1,25; сельскохозяйственные застройки – 1,3; городские застройки – 1,35; водохранилища – 1,4; земли промышленного использования – 1,5.

Учитывая эти величины, коэффициент антропогенной преобразованности вычисляется по формуле:



где ri – ранг антропогенной преобразованности ландшафта i-го вида природопользования; pi – площадь территории с данным рангом преобразованности (% от всей территории); qi – индекс глубины преобразованности ландшафта. Исходя из значений Кап выделяют 5 степеней изменности ландшафтов: очень слабоизмененные (Кап = 2,00–3,80); слабоизмененные (3,81–5,30); среднеизмененные (5,31–6,50); сильноизмененные (6,51–7,50); очень сильноизмененные (более 7,51).

***Коэффициент экологической стабильности*** рассчитывается по формуле:



где si – удельная площадь вида землепользования; ki – экологическая значимость этого вида землепользования (частный коэффициент стабильности); g – коэффициент геолого-геоморфологической устойчивости рельефа. Значения частного коэффициента стабильности стабильных элементов: лиственные леса – 1,0, хвойно-широколиственные леса - 0,63, хвойные леса - 0,38; водоемы - 0,79; пастбища - 0,68; сенокосные луга - 0,62; многолетние насаждения: сады - 0,43, хмельники - 0,29; лесополосы - 0,38; мало- и нестабильных элементов: пашни - 0,14; земли застройки, под дорогами, деградированные и прочие - 0,00; коэффициент геолого-морфологической устойчивости рельефа может принимать значения 1,0 – стабильный и 0,7 - нестабильный. К нестабильным рельефам отнесены склоны покатые более 200 и сильнопокатые более 400, а также овраги и балки со сложной фациальной дифференциацией. Стабильность ландшафта оценивают по следующей шкале: Кс менее 0,33 – очень низкая; Кс = 0,34–50 – низкая; Кс = 0,51–0,66 – средняя; Кс = 0,67–1 – высокая.

***Индекс относительной экологической напряжённости*** Кочурова рассчитывается по формуле:

,

где *АН1* – земли с очень низкой антропогенной нагрузкой (природоохранных и неиспользуемых, то есть экологический фонд), *АН2* – земли с низкой нагрузкой (сенокосы, леса, используемые ограниченно), *АН3* – земли со средней нагрузкой (многолетние насаждения, рекреационные земли), *АН4* – земли с высокой нагрузкой (пахотные земли; ареалы интенсивных рубок; пастбища и сенокосы), *АН5* – земли с очень высокой нагрузкой (орошаемые и осушаемые земли), *АН6* – земли с высшей нагрузкой (земли промышленности, транспорта, городов, поселков, инфраструктуры).

***Индекс абсолютной экологической напряженности*** Кочурова:



Коэффициент *КА* показывает отношение площади сильно нарушенных горными разработками, промышленностью и транспортом земель к площади малотронутых или нетронутых территорий. Это соотношение крайних по своему значению величин должно привлекать к себе особое внимание с целью уравновешивания сильных антропогенных воздействий с потенциалом восстановления ландшафта и поддержания на соответствующем уровне необходимой площади заповедников, заказников и других природоохранных территорий. Чем больше их, тем ниже коэффициент Ка и благополучнее складывается состояние окружающей среды.

В целом, эколого-хозяйственное состояние территории в наибольшей степени характеризуется коэффициентом КО, так как при этом охватывается вся рассматриваемая территория. Снижение напряженности ситуации уменьшает значение коэффициентов, а при КО, равном или близком к 1,0, напряженность ЭХС территории оказывается сбалансированной по степени АН и потенциалу устойчивости природы.

***Индекс естественной защищённости*** Б.И. Кочурова. Каждому антропогенному воздействию или их совокупности соответствует свой предел устойчивости ландшафтов. Эта устойчивость зависит от доли естественных биогеоценозов, природоохранных зон и особо охраняемых территорий и от распределения земель по степени антропогенной нагрузки. Исходя из этого, рассматриваемый индекс вычисляется по формуле:



где *S* – общая площадь территории

**III. Локальные ареалы экологических проблем.** При оценке трансформации ландшафтов по локальным ареалам экологических проблем методика исследования следующая [30]. В пределах оцениваемого ландшафта (либо любой другой геосистемы) выделяется набор экологических проблем, проявляющихся на его территории (например, осушение, выпас, химическое загрязнение почв и т.д.). Ареал проявления каждой проблемы оконтуривается. Все категории остроты экологической ситуации оцениваются в баллах (например, от 1 в случае наличия только начальных признаков проявления до 6 в случае наиболее острого, глубокого проявления данной проблемы). Таким образом, исследователь имеет информацию об ареалах, на которых проявляется каждая экологическая проблема и о степени её остроты в каждой ареале. Затем с учётом этих данных вычисляется степень трансформированности всего ландшафта по формуле:

,

где *Т* – индекс трансформации ландшафта, *s* – ареал выявления *i*-ой экологической проблемы, *р* – степень проявления (в баллах) *i*-ой экологической проблемы, *S* – площадь всего ландшафта.

**IV. Интегральная оценка по совокупности разнокачественных показателей.** Источником информации о состоянии окружающей среды в данном случае служат разнообразные статистические и другие показатели, характеризующие как геосистему в целом, так и состояние отдельных её компонентов. Каждый показатель оценивается в натуральных единицах. Следующим этапом является приведение всех этих разнокачественных частных критериев к общему виду.

Для этого необходимо их нормировать, т. е. применить к каждому из них такое преобразование, в результате которого все они будут измеряться в *N*-балльной (безразмерной) шкале. Для этого используется метод линейного масштабирования, позволяющий отслеживать динамику реального роста/снижения каждого критерия относительно референтных точек (максимальных и минимальных значений критерия – параметров), а также более точно учитывать различия по отдельным критериям при суммировании. Если частный критерий *Х* связан с анализируемым качеством компонента среды монотонновозрастающей зависимостью (т. е. чем больше значение *х*, тем выше качество), то расчет нормированного частного критерия $\tilde{X}$ производится по формуле,

$$\tilde{X}=N∙\frac{X-X\_{min}}{X\_{max}-X\_{min}}$$

а если связь отрицательна, то по формуле:

$$\tilde{X}=N∙\frac{X\_{max}-X}{X\_{max}-X\_{min}}$$

где *Х* – фактическое значение данного критерия, *Xmax* и *Хmin* – соответственно максимальное и минимальное значение данного критерия, *N* – количество баллов в шкале.

В результате, значение каждого натурального параметра будет приведено к единому виду и выражаться через значение его по *N*-балльной шкале. Таким образом, возникает возможность сравнения этих показателей между собой, а также нахождения суммы всех показателей, которая и будет отражать экологическое состояние изучаемых территорий. По показателям суммы возможно классификация и картографирование территории по уровню нарушенности.