

## Лекция № 6

**Тема:** Методы оценки потенциальной устойчивости геосистем в условиях антропогенных воздействий. Основные показатели оценки потенциальной устойчивости геосистем.

**Цель:** рассмотреть основные показатели оценки потенциальной устойчивости геосистем в условиях антропогенных воздействий.

1. Понятие устойчивости геосистем
2. Основные показатели оценки потенциальной устойчивости геосистем в условиях антропогенных воздействий

Вопрос об устойчивости геосистем становится все более актуальным в связи увеличением темпа развития хозяйственной деятельности человека. Для дальнейшего увеличения роста производства необходимо изучение геосистем и прогнозирования их состояния при оказанном внешнем воздействии. Осуществление прогноза возможно только в устойчивых равновесных системах. В кризисных геосистемах, вышедших из равновесного состояния, развитие системы может пойти по непредсказуемому пути и привести к катастрофическим последствиям.

Понятие устойчивости в физической географии не имеет однозначного определения - различные авторы придают данному термину то или иное значение в зависимости от целей оценки природных или модифицированных человеческой деятельностью комплексов. Все толкования этого понятия можно свести к следующим составляющим: рамкам естественного функционирования, способности сопротивляться внешним воздействиям (естественным и антропогенным) и возможности релаксации после снятия нагрузок. А.А. Крауклис определяет устойчивость через соотношение нормального функционирования, восстановления после нарушения и необратимого преобразования. Согласно В.В. Сочаве, все динамические изменения, происходящие в пределах одного инварианта, т.е. качественно неизменного состояния, служат выражением устойчивости геосистемы, так как они свидетельствуют о ее способности возвращаться к исходному положению. По мнению В.В. Рюмина, нормальное функционирование связано, в первую очередь, с явлениями сезонной динамики и имеет в определении устойчивости подчиненное значение. А.Г. Исаченко, напротив, особо подчеркивает роль динамики геосистем в их устойчивости. По мнению Э.В. Дашкевич, устойчивость геосистем включает способность сохранять при возмущающих воздействиях свою пространственно-временную структуру и способность к восстановлению.

По-видимому, трактовка термина «устойчивость» в приложении к исследованию антропогенного воздействия на геосистемы не может отделяться от общего понятия устойчивости геосистем, которая чаще всего определяется как способность природных образований к сохранению своей структуры и поведения, к восстановлению после нарушения внешними факторами, т.е. способность к саморегуляции.

В геохимии ландшафтов значительная роль отводится изучению устойчивости геосистем к техногенному загрязнению и способности их к самоочищению от продуктов техногенеза. Под устойчивостью геосистем к техногенезу М.А. Глазовская понимает в основном их способность к самоочищению. Обусловленную скорость трансформации техногенных веществ и выноса их за пределы геосистем. Во многом эта способность обеспечивается совместимостью природных и техногенных потоков вещества.

Различают потенциальную и реальную устойчивость ландшафта. Первое понятие относится к естественному (ненарушенному) состоянию, второе - к современному, вобравшему в себя все наслоения, накопившиеся за историю человеческого воздействия. Но нужно отметить, что отправной точкой, как для оценки современной устойчивости геосистемы, так и для прогнозных разработок должен служить исходный вариант,

который рассматривается в качестве объекта базовой классификации ландшафтов по признаку их устойчивости.

Выделяются разные типы устойчивости: геохимическая - способность к самоочищению от продуктов загрязнения; биологическая - оценка восстановительных и защитных свойств растительности; противоэрозионная; интегральная - устойчивость ко всему комплексу антропогенных воздействий.

Согласно М.Д. Гродзинскому, понятие «устойчивость» можно схематично «разложить» на три временные составляющие, зависящие от масштабности воздействия:

– «инертность» (буферность) - воздействие не оказало изменений в системе за счет произошедшей нейтрализации;

– «восстанавливаемость» - воздействие вывело системы из состояния равновесия, но с течением времени система вернулась в исходное состояние;

– «пластичность» - воздействие выводит систему из равновесного состояния, система преобразуется, но продолжает существовать в преобразованном виде, сохраняя первоначальные связи.

Таким образом, понятия инертность, восстанавливаемость и пластичность являются частными случаями устойчивости, обусловленные такими факторами как разбавление, сорбция обменная и необменная, наличие интенсивной миграции вещества и т.д. При решении задач рационального природопользования устойчивость природных систем можно рассматривать как оценочную категорию, характеризующую возможность выполнения системой определенных социально-экономических функций в относительно длительном промежутке времени при определенных внешних воздействиях. По утверждению ряда авторов устойчивое развитие должно быть, прежде всего, предсказуемым и лишь затем управляемым какими-либо воздействиями.

Из климатических факторов для устойчивости ландшафта особенно важны факторы, определяющие энергетику процессов в геосистеме: радиационный баланс, степень увлажнения, ветровой режим.

Радиационный баланс - величина, зависящая от многих факторов, главные из которых: широта местности, влияющая на суммарную радиацию; характер подстилающей поверхности и увлажнение территории, сказывающееся на альbedo и эффективном излучении. Радиационный баланс определяет энергетику основных биогенных и абиогенных процессов в геосистеме, а также, по мнению М.А. Глазовской, скорость и направление химических превращений техногенных продуктов. Большим его значениям соответствует и максимальная устойчивость геосистемы (при прочих равных условиях).

Значение индекса сухости, характеризующее недостаток увлажнения рассматривается показатель наименьшей устойчивости (меньше, чем избыточном увлажнении). Из показателей увлажнения, очень информативен радиационный индекс сухости ( $K$ ), предложенный М.И. Будыко, который представляет собой отношение между радиационным балансом территории и годовой суммой осадков, выраженное в калориях скрытой теплоты испарения, формула (1):

$$K = R/LQ \quad (1)$$

где  $R$  - годовой радиационный баланс, ккал/см<sup>2</sup> год;

$L$  - скрытая теплота испарения, ккал/см<sup>2</sup> год;

$Q$  - годовая сумма осадков, мм.

При  $K=1$  возможность испарения примерно соответствует количеству выпавшей влаги. Это значение  $K$  соответствует условиям максимальной устойчивости геосистемы. При  $R/LQ$  менее 0,45 до 1 климат называется влажным; при  $K$  от 1 до 3 недостаточно

влажный, > 3 - сухой. Радиационный индекс сухости отражает возможность накопления влаги при данных радиационных условиях.

Ветровой режим проявляется, с одной стороны, как фактор рассеивания техногенных веществ в воздухе, а с другой стороны, являясь фактором латеральных (эоловых) процессов, определяет адаптационные свойства биоты. Для оценки устойчивости геосистем в качестве показателей ветрового режима предлагается использовать количество дней с сильными ветрами за год. Этот фактор оценен на качественном уровне, так как его вклад в устойчивость геосистемы не разработан на достаточном уровне.

Показателем, отражающий возраст, стадию развития геосистемы, степень соответствия эндогенных и экзогенных процессов являются характерные черты рельефа. Крутизна склона имеет важное значение, с точки зрения устойчивости геосистемы, поскольку с ее увеличением усиливается поверхностный сток, увеличивается риск механического сноса твердых частиц и, как следствие, развивается почвенная эрозия. Кроме того, крутизна склона влияет на скорость реального прироста гумусового горизонта почвы и на скорость восстановления геосистем на склонах. Характеристикой крутизны склона является угол естественного откоса, угол между поверхностью грунта после осыпания или сползания грунта и горизонтом. Крутизна склонов геосистем определялась средствами стандартного инструментария ArcGIS 10.1, используя цифровую модель рельефа Aster Dem (30 м).

Степень естественной дренированности геосистемы обуславливает процесс накопления или вымывания различных химических веществ. Для расчета естественной дренированности геосистем был использован способ оценки по морфометрическим показателям бассейна, разработанный И.Н. Углановым, формула (2):

$$P = i \frac{H}{F}, i = \frac{h_1 - h_2}{l} \quad (2)$$

где  $P$  – естественная дренированность;

$H$  – суммарная длина всех элементарных водотоков, являющихся базисом эрозии (включая и ее длину), км;

$F$  – площадь бассейна этой реки, км<sup>2</sup>;

$i$  – основной уклон местности;

$h_1 - h_2$  – разница высоты элементарного водотока от его истока до устья (глубина эрозионного расчленения);

$l$  – длина элементарного водотока, км.

При анализе литературы, посвященной дренированности, нами была составлена классификация естественной дренированности с учетом уже существующих классификаций, но с некоторыми изменениями. Таким образом, при оценке устойчивости геосистем по дренированности можно выделить следующие:  $P$  0,01-0,2 – весьма слабо дренированные;  $P$  0,2-1 – слабо дренированные;  $P$  1-3 – средние дренированные;  $P$  3-10 – хорошо дренированные;  $P$  10 и более – интенсивно дренированные.

Важным фактором определения устойчивости геосистемы к антропогенным воздействиям является определение его геохимического положения, которое характеризует характер и интенсивность миграционных потоков. Основываясь на классификации типов ландшафтов, М.А. Глазовской выделяет три основные градации и две переходные. Элювиальные (водораздельные) ландшафты - наиболее высоко расположенные, геохимически автономные, в них поток вещества поступает лишь из

атмосферы. Транзитные ландшафты, занимающие более низкие ступени каскада, представляют геохимически подчиненные элементарные ландшафты; наряду с поступающими из атмосферы, они получают часть веществ, сбрасываемых с поверхностными и грунтовыми водами из более высоко расположенных звеньев каскада. В зависимости от условий стока выделяются трансэлювиальные и трансэлювиально-аккумулятивные. В первых преобладает вынос (верхние части склонов), во вторых - наряду с выносом происходит накопление веществ (нижние части склонов), причем в аккумуляции веществ могут периодически принимать участие грунтовые воды. Аккумулятивные ландшафты занимают, как правило, равнинные территории, прилегающие к склонам, замкнутые водоемы и поймы рек, на которых происходит преимущественно аккумуляция веществ. Таким образом, геохимически автономные ландшафты более устойчивы, чем геохимически подчиненные (транзитные). Наименее устойчивы аккумулятивные ландшафты, расположенные в зонах- накопителях всех поступающих вне веществ.

Узловое положение среди компонентов природного комплекса занимает почва. При определении устойчивости почвы мы исходили из того, что она формируется за счет буферности, т.е. способности «брать на себя», нейтрализуя это воздействие, и за счет внешних факторов (способности «сбрасывать с себя» нагрузки на другие экосистемы благодаря положению в катене, особенностям климата). В ней тесно переплелись различные геосистемные связи и потоки, происходят основные биогеохимические процессы: поглощение, разложение, синтез, накопление, вынос веществ, в том числе и техногенного происхождения, поэтому почва - является важнейшим звеном в механизме геохимической устойчивости геосистемы. Степень устойчивости почв определяется совокупностью свойств, включающей содержание и качественный состав гумуса, мощность гумусового горизонта и всего профиля, содержание карбонатов, биологическую активность почв. Кроме того, несомненно, играют роль минералогический и гранулометрический состав почвообразующих пород и почв.

При оценке устойчивости природных комплексов к антропогенным воздействиям необходимо учитывать следующие почвенно-геохимические показатели: механический состав почв, мощность гумусового горизонта, степень кислотности почв и емкость катионного поглощения.

Механический состав почв важен для пористости, воздухо- и водопроницаемости, гидроскопичности, поглотительной способности, температурного режима почв и др. Суглинок и тяжелый суглинок обладает наилучшими вышеперечисленными показателями, чем песок и супесь.

Мощность гумусового горизонта определяет уровень устойчивости почвы к различным физическим и механическим воздействиям, к эрозионным и дефляционным процессам. Установлено, что в гумусе накапливаются многие химические элементы (углерод, кислород, азот, фосфор, кальций и др.), в том числе редкие и рассеянные, поэтому, чем больше в почве гумуса, тем выше содержание микроэлементов. Содержание гумуса в почве в значительной степени определяет поглотительную способность почв, оказывает воздействие на формирование структуры верхних горизонтов почвы и на ее физические свойства. Почвы с высоким содержанием гумуса способны в значительной степени противодействовать внешним воздействиям.

Степень кислотности почв (реакция среды, рН) характеризует многие генетические и производственные типы почвы. В зависимости от кислотных свойств, почвы по-разному реагируют на продукты загрязнения. Подвижность химических элементов и их соединений в различных средах существенно изменяется.

Емкость катионного поглощения (обмена) (ЕКО) - количество поглощенных оснований и ионов водорода - является исключительно важной почвенной

характеристикой. Она складывается из поглотительной способности гумусовых веществ, минеральных частиц почвы, а также входящих в ее состав микроорганизмов. Величина ЕКО почвы коррелирует с содержанием в ней гумуса, гранулометрическим и минералогическим составом, величиной рН. В зависимости от количества и состава обменных ионов почвы обладают буферностью, а, следовательно, различной устойчивостью к внешним воздействиям.

Тип водного режима характеризует геохимическую устойчивость почв, которая в значительной мере определяется интенсивностью выноса веществ за пределы данного ландшафта, степенью рассеяния их с поверхностным, подземным стоком и воздушными потоками. Тип водного режима почв зависит от климатических условий, рельефа, растительности, литологических и гидрогеологических особенностей материнских и подстилающих пород. Основываясь на классификации типов водного режима Г.Н. Высоцкого и А.А. Роде необходимо выделяет: промывной тип и периодически промывной (как промежуточная форма), непромывной, выпотной и десуктивно-выпотной (или застойный). Мерзлотный (криогенный) тип нами не рассматривается, поскольку он не распространен в природных зонах региона исследования. Промывной тип способствует выносу продуктов загрязнения; при выпотном, десуктивно-выпотном продукты загрязнения аккумулируются в почвенном профиле.

В зависимости от положения в рельефе и особенностям увлажнения выделяют следующие группы почв, которые называются рядами увлажнения: автоморфные почвы – формируются на ровных поверхностях и склонах в условиях свободного стока поверхностных вод, при глубоком залегании грунтовых вод (глубже 6 м); полугидроморфные почвы – формируются при кратковременном застое поверхностных вод или при залегании грунтовых вод на глубине 3-6 м (капиллярная кайма может достигать корней растений); гидроморфные почвы – формируются в условиях длительного поверхностного застоя вод или при залегании грунтовых вод на глубине менее 3 м (капиллярная кайма может достигать поверхности почвы). Ряды увлажнения почв геосистем характеризуют геохимическую устойчивость, которая в значительной мере определяет интенсивность миграции химических веществ.

Растительный покров также способствует уменьшению деградации почвенного покрова от эрозионных процессов. Геосистемы, покрытые растительностью, с большими значениями величины территорий, более устойчивы к внешним воздействиям, чем территории, лишенные ее.

#### **Вопросы:**

1. Теоретические основы изучения потенциальной устойчивости геосистем к антропогенным воздействиям?
2. Принцип отбора показателей оценки устойчивости геосистем к антропогенным воздействиям?
3. Отбор показателей оценки устойчивости геосистем к техногенным воздействиям?

#### **Литература:**

- 1 Гродзинский М.Д. Устойчивость геосистем: теоретический подход к анализу и методы количественной оценки // Известия АН СССР. Серия География. – 1987. – №6. – С. 5-15.
- 2 Глазовская М.А. Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям. – М.: Изд-во МГУ, 1997. – 102 с.
- 3 Башкин В.Н., Евстафьева Е.В., Снакин В.В. и др. Биогеохимические основы экологического нормирования. – М.: Наука, 1993. – 312 с.
- 4 Орлова И.В. Ландшафтное планирование для целей сельскохозяйственного природопользования (на примере Благовещенского района Алтайского края): дис. ... канд. геогр. наук. – Барнаул, 2002. – 191 с.

- 5 Орлова И.В. Ландшафтное планирование для целей сбалансированного сельскохозяйственного природопользования // География и природные ресурсы. – М., 2006. – №2. – С. 121-134.
- 6 Будыко М.И. Эволюция биосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 488 с.
- 7 Сайт «NASA» // [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov). 11.10.2012.
- 8 Угланов И.Н. Мелиорируемая толща почв и пород юга Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1981. – 191 с.
- 9 Роде А.А. Водный режим почв и его регулирование. – М.: АН СССР, 1965. – С. 61-72.