

УДК 911.2:572

## **УСТОЙЧИВОСТЬ ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ К АНТРОПОГЕННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ**

**Ясовеев М.Г., А.И. Андрухович** (Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка, кафедра экономической географии и охраны природы, ул. Советская, 18, г. Минск, Беларусь, 220050, annaand@tut.by)

Ландшафты выступают пространственным базисом процессов взаимодействия природных объектов, человека и техногенных систем. Поэтому территориальное планирование и связанное с ним последующее хозяйственное освоение территории должно строиться на основе анализа и оценки ландшафтных систем с учетом законов их функционирования и организации:

1. Пространственной иерархии ландшафтных систем;
2. Территориальной структуры ландшафтных систем;
3. Характера временной динамики ландшафтных систем, характера чередования состояний;
4. Полиструктурности ландшафтных систем, территориального и временного пересечения подсистем;
5. Устойчивости ландшафтных систем;
2. Эмерджентности ландшафтных систем;
3. Инерционности ландшафтных систем, запаздывание их реакции на внешние воздействия;
4. Наличие цепных реакций, эффектов усиления и пр.

Ландшафтно-экологический анализ в территориальном планировании и проектировании включает несколько последовательно взаимосвязанных стадий:

- 1) выявление ландшафтной организации региона, района;
- 2) выявление степени устойчивости ландшафтных систем к антропогенным воздействиям;
- 3) функциональная типология ландшафтных систем и оценка степени их антропогенной преобразованности;
- 4) прогнозная оценка изменения состояния ландшафтных систем;
- 5) проектно-планировочный анализ ландшафтных систем (в соответствии с видом хозяйственного освоения) оптимизация структурно-функциональной организации региона, района.

Выявление степени устойчивости ландшафтных систем к антропогенным воздействиям особенно важно с точки зрения понимания и определения экологического состояния ландшафтных систем, нормирования антропогенных нагрузок на них и управления природопользованием в целом. Устойчивость природных комплексов является одним из фундаментальных понятий геоэкологии. Определению этого понятия в географии посвящены многие работы (Исаченко, 1965, Глазовская, 1972; Солнцева, 1982; Арманд, 1975 и др.). Различные авторы определяют устойчивость природной среды по-разному. Многие подразделяют понятие «устойчивость» на способность к: 1) сопротивлению воздействиям и 2) восстановлению свойств, нарушенных внешним воздействием. Роль критерия устойчивости имеет большое значение при определении тех или иных изменений в условиях усиления антропогенного пресса на природные комплексы. А.Д. Арманд для определения понятия устойчивости предлагает термин «гомеостазис» по аналогии с термином «гомеостаз» для живых организмов, который определяет состояние внутреннего динамического равновесия, поддерживаемого регулярным возобновлением основной структуры системы. Известно, что сложность природных комплексов коррелирует с устойчивостью. В соответствии с этим полагается, что сложные геосистемы более устойчивы к внешним воздействиям.

Рассматривая нарушенность и загрязнение ландшафтов как определяющие факторы образования напряженных экологических обстановок, следует иметь в виду, что одних и тех же масштабах техногенных воздействий результаты их влияния могут быть неодинаковыми в пространстве и времени. Это связано с тем, что компоненты ландшафтов могут по-разному реагировать на внешние факторы, обладать различной способностью меняться в худшую или лучшую сторону. Устойчивость литосферы к внешним воздействиям и её способность к восстановлению исходного потенциала важно учитывать при прогнозах, особенно долговременных. От оценки этих свойств в значительной мере зависит стратегия и технология использования ресурсов недр, величины допустимых техногенных нагрузок на природную среду.

Оценка устойчивости ландшафтов к антропогенным воздействиям возможна при установлении связи: воздействие - изменение - последствия. Такой анализ позволяет установить максимальную и минимальную величины воздействия, за пределами которых располагаются области возможности устойчивого развития ландшафта или возникновения необратимых изменений. Например, для оценки влияния нефтегазового комплекса устойчивость ландшафтов зависит от общих свойств их компонентов и специфических особенностей воздействия этой отрасли, характера и интенсивности эксплуатации объектов. В составе природных факторов наиболее существенными при оценке устойчивости являются взаимовлияющие и взаимозависимые факторы, отражающие особенности геологического строения, неотектонического режима, рельефа, почвенного и растительного покрова, водного баланса, густоты речной сети, климатических условий и др. В свою очередь, устойчивость природных комплексов и их свойства следует рассматривать в двух аспектах с учетом вертикальных и горизонтальных связей. Они обусловлены взаимодействием следующих основных факторов (Гареев, 2000):

1) водопроницаемости горных пород, являющихся наиболее устойчивой частью (основой) всего комплекса. Именно горные породы, располагающие таким важным показателем, как сопротивляемость, а также участвующие в процессах тектонических поднятий и опусканий, определяют тип и интенсивность эрозии, денудации, карста, дефляции и других деструктивных процессов;

2) рельефа, являющегося по своей сути перераспределителем тепла и влаги и определяющего степень дренированности всего ландшафта, направление транзитного потока вещества (рассеивание, сосредоточение, аккумуляция продуктов техногенеза);

3) кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных характеристик, плодородия почв, определяющих способность к разложению биологических компонентов техногенных веществ и самоочищению от них;

4) видового состава и продуктивности растительных сообществ, защищающих поверхность ландшафта от эрозионных и дефляционных процессов, определяющих устойчивость ландшафтов к техногенному воздействию (механическому, химическому и т.д.);

5) интенсивности процессов водообмена, скорости течения, содержания в воде растворенного кислорода, органических и минеральных веществ, способствующих активизации процессов растворимости и разложения загрязняющих веществ;

6) показателя суммарной солнечной радиации, скоростей, повторяемости и направлений ветров, суммы биологически активных температур и т.д.

Указанные выше факторы не только способствуют активизации процессов самоочищения компонентов природной среды, но и определяют динамику ландшафтов, их устойчивость и сопротивляемость к совокупному воздействию антропогенных факторов. Таким образом, они формируют показатели устойчивости компонентов природы и ландшафтов в целом.

Анализируя показатели участия природных факторов в формировании устойчивости компонентов природы, можно отметить, что геологическое строение является наиболее значимым для оценки потенциальной устойчивости ландшафта. Это определяется составом горных пород, выходящих на поверхность, способностью пропускать концентрации загрязняющих веществ. От этого зависят условия их рассеивания в пространстве или локализации в пределах ограниченных участков. Оно обуславливает также обмен веществ между поверхностными и подземными составляющими стока с суши, и, соответственно, определяют показатели распространения загрязняющих веществ в пространстве.

Для грунтов основными их показателями по отношению к техногенезу являются механический состав, теплофизические и воднофизические свойства. В самом общем виде эти зависимости показаны в таблице 1. Анализ приведенных данных свидетельствует о разнонаправленности реакции одного и того же грунтов на различные воздействия. Поэтому значение природной среды как фактора устойчивости экосистем и направленности будет меняться в регионах с разными видами и масштабами хозяйственного освоения. Например, малоустойчивые к водной эрозии суглинистые грунты одновременно способствуют активному самоочищению территории от поверхностного загрязнения.

Таблица 1

## Реакция грунтов на техногенное воздействие (Ясовеев, 2005)

Свойства грунтов	Реакция грунтов на техногенное воздействие (+ способствуют, - препятствуют)			
	водная эрозия	ветровая эрозия	горизонтальная миграция	вертикальная миграция
Низкая водопроницаемость (скальные, связанные)	+	-	+	-
Высокая водопроницаемость (рыхлые, несвязанные)	-	+	-	+
Избыточно увлажненные	-	-	+	-
Слабо увлажненные	+	+		+

Смысл оценки устойчивости природной среды различен при физическом воздействии и загрязнении. Нарушенность литогенной основы (эрозия, смещения, просадки) - явление практически необратимое. Поэтому основное внимание здесь обращается на способность грунтов противостоять начальным этапам развития опасных процессов, которые затем могут получить широкое развитие. В случае загрязнения важно оценить способность природной среды к самоочищению и восстановлению фонового геохимического состояния. Степень напряженности экологических обстановок увязывается при этом с ПДК загрязняющих веществ, их миграционными свойствами и периодами разложения.

Рельеф совместно с горными породами формирует морфолитогенную основу и структуру экосистем, во многом определяет активность и соотношение вертикальных и горизонтальных связей в пределах экосистем, а также их внешние связи. При этом оценка экологического значения рельефа затруднена, вследствие одновременного влияния грунтов, почв и растительности. В «чистом» виде это значение проявляется в немногих регионах, главным образом в горных областях с аридным климатом.

Любая информация о региональных закономерностях строения и развития рельефа может быть полезной для решения задач экологической геологии. Однако значение основных характеристик рельефа - возраста, генезиса и морфологии (морфометрии) - не одинаково. Возраст геоморфологических комплексов может рассматриваться как косвенный фактор устойчивости экосистем к физическому техногенному воздействию. При прочих равных условиях более древние генерации рельефа находятся ближе к равновесному или относительно стабильному состоянию. Их развитие чаще всего имеет направленность в сторону стабилизации, выравнивания, что придает им устойчивость к деструктивным процессам. Антиподами служат генерации молодого или современного рельефа, образование которых далеко до завершения и сопровождается активными процессами денудации или аккумуляции. Следует отметить, что молодые активные типы рельефа часто развиваются путем увеличения площадей за счет более древних.

Морфология и морфометрия рельефа (качественная оценка внешних особенностей земной поверхности) непосредственно и наиболее наглядно отражает его экологическое значение. Густота расчленения выступает как показатель сложности структуры экосистем регионального уровня, предрасположенности их к проявлению ряда деструктивных процессов: оползневых, эрозионных, солифлюкционных.

Своеобразие рельефа как экологического фактора заключается в том, что его реакция на физическое воздействие и загрязнение неодинаковая. По способности к самоочищению рельеф можно подразделить на три основные категории:

1. Области преобладания сноса и денудации (возвышенные междуречья, верхние части склонов, эрозионные типы рельефа). Отличаются активной горизонтальной и ограниченной вертикальной миграцией поверхностного загрязнения, его значительным площадным распространением и рассеиванием. Очищение поверхности в целом значительное, однако не исключено образование ареалов временной повышенной концентрации загрязнения в руслах, тальвегах и у оснований склонов.

2. Области преобладания аккумуляции (днища котловин, шлейфы и конусы выноса, русла и поймы в низовьях крупных рек). Опасны возникновением локальных, линейных или значительных по площади ареалов повышенного загрязнения. Слабая горизонтальная

миграция поверхностного загрязнения при благоприятных условиях может стимулировать загрязнение грунтов и водоносных горизонтов.

3. Области преобладания транзита (склоны, придолинные зоны, средние звенья гидросети), в пределах которых в условиях активной горизонтальной миграции вещества его баланс может от равновесного периодически переходить в отрицательный или положительный. Это влечет за собой изменение способности территории к самоочищению.

Отмеченная выше неадекватность реакции рельефа на различные виды техногенного воздействия заключается в том, что наиболее устойчивые к деструктивным процессам комплексы обладают повышенной потенциальной опасностью загрязнения. Напротив, наиболее динамичные комплексы относятся к наиболее самоочищаемым. На примере рельефа еще раз убеждаемся в сложности реакции природной среды по отношению к определенным видам техногенного воздействия.

Очертания рельефа могут способствовать как накоплению техногенного загрязнения, так и его рассеиванию. В большой степени это относится к региональным и глобальным уровням организации природно-территориальных комплексов и геосистем. Так, линейно вытянутые ландшафты представляют собой открытые системы, из которых легко удаляются нефтепродукты. В свою очередь, замкнутые котловины, формирующие соответствующее разнообразие ландшафтов, способствуют не только накоплению загрязняющих веществ, но и обуславливают формирование вторичных процессов, приводящих к коренной деградации природных комплексов. Таким образом, при оценке показателей устойчивости тех или иных ландшафтов необходимо учитывать такие морфологические показатели, как вертикальная и горизонтальная расчлененность рельефа, интенсивность глубинной эрозии, деформация продольных профилей рек и др.

Оценка возможности изменения состояния природных комплексов в условиях влияния хозяйственной деятельности человека может быть осуществлена на основании использования показателей горизонтального эрозионного расчленения. Показатель горизонтального расчленения ( $A$ , км/км<sup>2</sup>) представляет собой отношение суммарной длины водотоков и суходолов к единице площади (Гареев, 2000):

$$A = \frac{\Sigma l}{P},$$

где  $\Sigma l$  - суммарная длина всех водотоков и суходолов, км;  $P$  - площадь исследуемого участка, км<sup>2</sup>.

Интенсивность эрозионного расчленения может быть рассчитана по формуле:

$$Q = \frac{\Sigma l \cdot \Delta H}{P},$$

где  $Q$  - показатель интенсивности эрозионного расчленения,  $\Delta H$  - разность абсолютных высот между самой высокой и самой низкой высотными отметками.

Если районы с одинаковыми или близкими климатическими и геологическими особенностями характеризуются различными показателями эрозионного расчленения, то это свидетельствует о сильном влиянии на устойчивость ландшафтов антропогенного фактора.

Следует подчеркнуть, что рельеф является одним из наиболее важных оценочных показателей, так как способствует перераспределению энергии и вещества в системе взаимодействия природных компонентов. Он представляет собой переходное звено в составе взаимообусловленных факторов, интенсивность изменения которого во многом зависит от изменчивости других характеристик природных комплексов. Именно характером рельефа определяется степень дренированности, интенсивности эрозионных процессов и направления поверхностного стока. Для оценки потенциальной устойчивости ландшафта являются значимыми такие характеристики рельефа, как глубина вертикального расчленения и крутизна склонов, которые определяют направление потока вещества и способность ландшафта к самоочищению. Чем выше значения этих параметров и тем больше скорости поверхностного стока, тем значительнее способности природной среды к самоочищению. Это в условиях отсутствия процессов эрозионной деятельности обуславливает и увеличение потенциальной устойчивости ландшафтов. Устойчивость такого элемента рельефа, как склоны, и степень их деформации зависят от процессов, действующих на поверхности склона и в массиве горных пород, слагающих склон. Устойчивость склона может быть выражена коэффициентом, который рассчитывается по следующей формуле:

$$n = \frac{\Sigma R}{EQ},$$

где  $n$  - коэффициент устойчивости;  $R$  - сумма сил, сопротивляющихся перемещению материала;  $Q$  - сумма активных сдвигающих сил.

Если  $n > 1$  и  $\Sigma R > \Sigma Q$ , то склон и слагающие его горные породы находятся в состоянии устойчивого равновесия, и если  $n < 1$ , то склон находится в неустойчивом состоянии (Звонкова, 1985).

Устойчивые склоны имеют равновесный профиль, отличаются слабым и количественно равноценным смывом пород и почв в верхней и аккумуляцией в нижней части склона. Равновесные и условно устойчивые склоны по профилю близки к устойчивым, но здесь возможны оползневые и другие деформации, особенно при дополнительных нагрузках. Неустойчивые склоны характеризуются активно действующими оползнями, ростом оврагов и более мелких эрозионных процессов.

Из климатических факторов, влияющих на устойчивость природных компонентов, необходимо в первую очередь учитывать такие показатели, как количество осадков, отношение суммы осадков к испаряемости и сумма активных температур, характеризующие тепло и влагообеспеченность территорий. Кроме этого необходимо учитывать повторяемость ветров, показатели их скоростей и направлений, инверсию температур и циклонические процессы.

Гидрологический режим водных объектов и почво-грунтов определяет влагообеспеченность территорий, состав и свойства природных комплексов, в том числе растительных сообществ, а также условия формирования экзогенных процессов. Таким образом, пространственное и временное распределение увлажненности территории формирует те или иные условия, необходимые для произрастания растительных сообществ и, соответственно, обитания животного мира, способствующих активизации процессов самоочищения природной среды.

Почвенный покров в отличие от геологического строения и рельефа является менее устойчивым природным компонентом. Для определения устойчивости почвы необходимо учитывать отдельные ее характеристики, важнейшей из которых является степень развития и мощность почвенного профиля. В нем существует определенная зависимость: чем мощнее почвенный профиль, лучше инфраструктурные свойства, тем более устойчивы природные комплексы к различным видам воздействия. Для определения устойчивости почв важен и характер рельефа. С увеличением крутизны склона увеличивается интенсивность поверхностного стока, развивается линейная и площадная эрозия, механический смыв почв и их вынос в пониженные элементы рельефа. Таким образом, почвенный покров представляет собой промежуточное звено между геолого-гоморфологическими и климато-гидрологическими факторами, обладающее способностью трансформировать поверхностный сток в подземный.

Растительный покров является одним из восприимчивых к внешним воздействиям компонентов природной среды. Как показывают наблюдения, воздухоохранная, водоохранная, почвозащитная, хозяйственно-экономическая функции растительного покрова существенно дифференцируются в зависимости от показателей деградации растительных сообществ в соответствии с масштабами и спецификой воздействия антропогенных факторов. Устойчивость растительного покрова зависит от следующих параметров: видового состава, его разнообразия, бонитета, состояния древесного и других ярусов, сомкнутости крон древесного яруса, проективного покрытия травянистого покрова и т.д. По отношению к сведению растительности в качестве таковых приняты интенсивность смыва почв и наличие линейных форм эрозии. Устойчивость ландшафтов по данному критерию обратно пропорциональна их численным значениям. Реакция ландшафтов на изменения уровня грунтовых вод будет находиться в прямой зависимости от глубины их залегания - чем она меньше, тем ниже устойчивость. Накопление загрязняющих веществ в природном комплексе определяется его ландшафтно-геохимическим строением: они выносятся из его элювиальных выделов и накапливаются в супераквальных. Следовательно, по соотношению указанных выделов можно судить о том, какие процессы в рассматриваемом природном комплексе преобладают - накопление или вынос загрязняющих веществ.

Диапазон изменений названных показателей разделялся на три части, которым соответствовали категории устойчивых, относительно устойчивых и неустойчивых ландшафтов. По критерию сведения растительности к устойчивым отнесены ландшафты, где смыв почв отсутствует и линейная эрозия не превышает 2 %, к относительно устойчивым - со смывом до 3 мм/г. и (или) линейной эрозией свыше 2 %, к неустойчивым - со смывом свыше 3 мм/г. По критерию изменения УГВ к устойчивым отнесены ландшафты с глубиной залегания грунтовых вод свыше 5 м, к относительно устойчивым - в интервале 2-5 м и неустойчивым - до 2 м. По критерию накопления загрязняющих веществ устойчивыми были признаны ландшафты с заметным преобладанием элювиальных выделов над супераквальными (соотношение 2:1 и

выше); относительно устойчивыми - с примерно одинаковым их соотношением; неустойчивыми - с преобладанием супераквальных выделов над элювиальными.

Таким образом, основной целью оценки антропогенного воздействия на природную среду является определение ее изменчивости в пространстве и времени с учетом дифференцированного воздействия первичных и вторичных факторов. В ходе анализа состояния природных комплексов и их изменчивости во времени необходимо установить факторы (прямые и косвенные), обуславливающие возможные изменения как компонентов природы, так и природных комплексов в целом.

Оценивая восстановительный потенциал по природным зонам Беларуси, следует отметить, что наибольшей продолжительностью времени восстановления отличается равнинно-лесная подзона, характеризующаяся как более низкими значениями среднегодовой температуры воздуха, так и низменным характером рельефа и избыточным увлажнением территории. Механически нарушенные территории, отличающиеся полным уничтожением растительных сообществ, характеризуются возобновлением процессов самовосстановления только через 3-5 лет. Характерно, что этот процесс начинается с освоением нарушенной территории сорной (рудеральной) растительностью. В последующем, в ходе сукцессии происходит постепенное увеличение видового состава. На сильно загрязненных нефтью участках процессы самовосстановления происходят заметно медленнее. При этом продолжительность максимального восстановления здесь может быть в несколько раз выше, чем у участков с механическим нарушением местности.

### Литература

1. **Арманд А.Д.** Наука о ландшафте. М., 1975. 288 с.
2. **Гареев А. М.** Природная среда и нефтегазовый комплекс Башкортостана. (Географо-экологические аспекты взаимодействия): монография / А.М.Гареев, А.В.Шакиров. - Уфа : Китап, 2000. - 219 с.
3. **Глазовская М.А.** Технобиогеомы-исходные физико-географические объекты ландшафтно-геохимического прогноза // Вестник МГУ. Сер. География. 1972. № 6. С. 21-27.
4. **Звонкова Т.В.** Потенциальная естественная устойчивость природной среды и комплексов // Географическое обоснование экологических экспертиз. М.: Изд-во МГУ, 1985. С. 38-44.
5. **Исаченко А. Г.** Основы ландшафтоведения и физико-географическое районирование / А. Г. Исаченко. — М.: Высшая школа, 1965. — 328 с.
6. **Солнцева Н.П.** Влияние техногенных потоков на морфологию лесных почв в районах нефтедобычи // Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. М.: Наука, 1982. С. 26-29.
7. **Ясовеев М.Г.** Экология рационального природопользования / Монография / Ясовеев М.Г. и др., Минск: Экология и право, 2005. – 373 с.

#### Аннотация

УДК 911.2:572 **Ясовеев М.Г., Андрухович А.И.** Устойчивость ландшафтных систем к антропогенным воздействиям // Региональная физическая география в новом столетии, вып.6. Мн.:БГУ. 2013. С. Статья депонирована в БелИСА

В работе рассмотрены определяющие факторы образования напряженных экологических обстановок, отражены основные показатели устойчивости компонентов природы и ландшафтов в целом. Также рассмотрены реакции грунтов на техногенное воздействие, категории рельефа по способности к самоочищению. В работе дается оценка возможности изменения состояния природных комплексов в условиях влияния хозяйственной деятельности человека на основании использования показателей горизонтального эрозионного расчленения.

Библиогр.:7 названий

#### Анотацыя

УДК 911.2:572 **Ясавеяў М.Г., Андруховіч Г.І.** Устойлівасць ландшафтных сістэм да антрапагенных уздзеянняў // Рэгіянальная фізічная геаграфія ў новым стагоддзі, вып.6. Мн.:БГУ. 2013. С. Артыкул дэпаніраваны ў БелІСА

У працы разгледжаны вызначальныя фактары ўтварэння напружаных экалагічных сітуацый, адлюстраваны асноўныя паказчыкі ўстойлівасці кампанентаў прыроды і ландшафтаў у цэлым. Таксама разгледжаны рэакцыі грунтоў на тэхнагеннае ўздзеянне, катэгорыі рэльефу па здольнасці да самаачышчэння. У працы даецца ацэнка магчымасці змены стану прыродных комплексаў ва ўмовах уплыву гаспадарчай дзейнасці чалавека на падставе выкарыстання паказчыкаў гарызантальнага эразійнага расчлянэння.

Бібліягр.:7 назваў

#### Summary

UDC 911.2:572 **Jasoveev M. G, Andruhovich A.I.** Resistance of landscape systems to anthropogenous influences //Regional physical geography in new century, issue 6. Мн.:БГУ. 2013. Statja is deposited in BelISA

In work defining factors of formation of intense ecological situations are considered, the main indicators of stability of components of the nature and landscapes as a whole are reflected. Reactions of soil to technogenic influence, categories of a relief on ability to self-cleaning are also considered. In work the assessment of possibility of change of a condition of natural complexes in the conditions of influence of economic activity of the person on the basis of use of indicators of a horizontal erosive partition is given.

Refs.: 7 titles

Сведения об авторах:

1. М.Г. Ясовеев профессор, доктор геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой экономической географии и охраны природы БГПУ; направление исследований – “Прикладная геоэкология”; общее количество работ 350 (из них 19 монографий, 108 статей, 12 учебников).
2. А.И. Андрухович магистр географических наук, аспирант кафедры экономической географии и охраны природы БГПУ, направление исследований – “Геоэкологическая оценка трансформации природно-территориальных комплексов под воздействием техногенеза”, общее количество работ – 10 (из них 10 статей).

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ