

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ЛАНДШАФТОВ (НА ПРИМЕРЕ ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ)

Рассматривается история антропогенного освоения ландшафтов юго-востока Беларуси. На примере модельного района выполнен анализ изменения степени антропогенного преобразования в последней трети XX в. Для оценки антропогенных изменений в ландшафтах использовались известные ландшафтно-экологические индексы. Выявлена связь между значениями ландшафтно-экологических индексов с показателями сукцессий растительности.

Ключевые слова: антропогенное освоение ландшафтов; ландшафтно-экологические индексы; показатели сукцессий растительности; показатели нарушенности ландшафтов.

История антропогенного преобразования природных ландшафтов является одновременно историей заселения, освоения и хозяйственного использования ресурсов территории. Практически все ландшафты на территории Беларуси в течение истории своего развития испытали в той или иной степени воздействие со стороны человека. Даже наименее нарушенные современной хозяйственной деятельностью человека леса Беларуси представляют собой сложный природно-антропогенный комплекс. Современные лесные ландшафты формировались в результате сложного сочетания рубок разных типов и интенсивности, лесоразведения, низовых и верховых пожаров, сельскохозяйственного использования, изменений гидрогеологического режима при осушительной мелиорации и т.д.

Антропогенное воздействие на ландшафты Беларуси началось в раннем суббореале (около 5 тыс. л.н.), когда в спорово-пыльцевых спектрах начинает появляться пыльца рудеральных и пастбищных растений, что может указывать на распространение лугово-пастбищного животноводства и вырубок. В течение суббореального периода вся территория Беларуси была заселена, за исключением открытых болот и пойм крупных рек. Население занималось охотой, рыболовством, скотоводством и примитивным земледелием.

Заметное влияние деятельности человека на лесные ландшафты юго-востока Беларуси стало проявляться в I тыс. до н.э. – в период распространения на территории региона племен милоградской культуры (с VII в. до н.э. по I в. н.э.). В пределах юго-восточной части Беларуси обнаружено свыше 200 поселений, большая часть из которых представлена городищами. Поселения милоградской культуры встречаются во всех ландшафтных районах – на высоких берегах рек (1/3 всех поселений), на «островах» среди болотных массивов, на равнинной местности. В некоторых районах наблюдается высокая концентрация поселений – городища располагаются один от другого на расстоянии от 5 до 10–15 км. Земледелие носило экстенсивный характер и требовало постоянного расширения пахотных земель. Широкое развитие подсечно-огневого земледелия, вырубка лесов, пожары привели к сокращению площади лесных экосистем на благоприятных для возделывания участках.

Предположительно к концу I тыс. н. э. преобразование ландшафтов, вызванные подсечно-огневым земледелием, и их последствия наиболее существенно отразились на территориях с легкими песчаными почвами (аллювиальные террасированные и озерно-аллювиальные ландшафты). Подсечно-огневое земле-

дели вызвало активизацию эрозионных процессов, в результате которых почвенный покров (с преобладанием автоморфных дерново-подзолистых песчаных почв) деградировал. Потери гумуса и питательных веществ обусловили еще большее обеднение песчаных субстратов и доминирование в естественном возобновлении на заброшенных участках сосны. На обширных массивах с песчаными почвами начали формироваться специфические пирогенные сосновые леса.

В X–XV вв. хозяйственная деятельность на территории региона концентрировалась в ландшафтах, морфолитогенная основа которых представлена моренными и водно-ледниковыми отложениями (лессовидные суглинки, супеси). К XVI–XVII вв. практически все пригодные для пахотного использования суглинистые и отчасти супесчаные почвы моренно-зандровых ландшафтов были освоены. С этого периода прослеживается непрерывное существование крупных населенных пунктов с окрестными сельскохозяйственными ландшафтами (Романовичи, Бобовичи, Терюха, Марковичи, Хальч, Уваровичи, Присно и др.). На месте ряда сел того периода в XX в. сформировались урбанизированные ландшафты (Ветка, Добруш, Лоев). Только территория г. Гомеля к концу XX в. поглотила многие села с прилегающими угодьями (Прудок, Давыдовка, Кленки, Волотова, Титенки, Брыли). Значительная степень распаханности моренно-зандровых ландшафтов сохраняется до настоящего периода. В течение длительного времени основным направлением хозяйственного освоения аллювиальных террасированных и озерно-аллювиальных ландшафтов с песчаной морфолитогенной основой являлась эксплуатация лесных ресурсов, часто носившая бессистемный и хищнический характер. Только в XX в. осушительная мелиорация значительных заболоченных (лесоболотных) территорий привела к расширению площадей пахотных земель в пределах этих ландшафтов.

Изменение структуры и интенсивности землепользования обуславливают закономерные смены антропогенных модификаций геосистем, которые носят как дигрессивный, так и восстановительный (ренатурализация) характер. Во времени изменяется не только интенсивность воздействия на ландшафт, но и вид воздействия. Важной задачей является геоэкологическая оценка изменений ландшафтов во времени.

Для изучения антропогенных изменений ландшафтов юго-востока Беларуси нами был выбран модельный район – г. Гомель и прилегающие к нему территории (общая площадь 484 км²). На основе анализа картографического материала и космофотоснимков выполнено

изучение изменений, произошедших в течение 30 лет. Для оценки антропогенных изменений в ландшафтах модельного района использовались известные ландшафтно-экологические индексы: K_r – геоэкологический коэффициент [1], $K_{ан}$ – коэффициент антропогенной преобразованности [2], K_c – коэффициент экологической стабильности [3], M – индекс хемеробности [4].

Геоэкологический коэффициент рассчитывался по формуле $K_r = C_p/C_d$, где C_p – % площади ненарушенных (коренных) геосистем на той или иной территории, в ландшафтном районе, ландшафте; C_d – % предельно допустимой площади ненарушенных (коренных) геосистем [1]. На основе имеющихся экспертных оценок [5, 6] предельно допустимая площадь естественных геосистем (C_d) в зоне широколиственных лесов составляет 30%. По значениям K_r 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 [1].

Коэффициент антропогенной преобразованности ($K_{ан}$) вычислялся по формуле $K_{ан} = \sum (r_i * p_i * q) / 100$, где r_i – ранг антропогенной преобразованности ландшафта i -х видов природопользования; p_i – площадь территории с данным рангом преобразованности (% от всей территории); q – индекс глубины преобразованности ландшафта [2]. Исходя из значений $K_{ан}$ выделяют 5 степеней изменности ландшафтов: очень слабоизмененные ($K_{ан} = 2,00$ –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 рассчитывался по формуле $K_c = \sum s_i * k_i * g$, где s_i – удельная площадь вида землепользования; k_i – экологическая значимость этого вида землепользования (частный коэффициент стабильности); g – коэффициент геолого-геоморфологической устойчивости рельефа [3]. Стабильность ландшафта оценивают по следующей шкале: K_c менее 0,33 – очень низкая; $K_c = 0,34$ –50 – низкая; $K_c = 0,51$ –0,66 – средняя; $K_c = 0,67$ –1 – высокая. В случае отрицательного значения K_c данный ландшафт рассматривается как источник нестабильности более крупных территорий.

Степень хемеробности – это интегральная мера воздействия всех антропогенных факторов на экосистемы. Индекс хемеробности оценивает степень антропогенной трансформации ландшафта, отражает антропогенное воздействие как на растительность, так и на ландшафт в целом и может рассчитываться по формуле $M = 100 * \sum (S_h/m) * h$, где S_h – удельная площадь ареала со степенью хемеробности h ; m – число степеней хемеробности; h – степень хемеробности [4].

Природной подсистемой антропогенных модификаций геосистем модельного района выступают ландшафты, представленные 4 видами: аллювиальные террасированные ландшафты, с поверхностным залеганием аллювиальных песков, плосковолнистые, с сосновыми кустарничково-зеленомошными и лишайниково-кустарничковыми лесами на дерново-слабоподзолистых почвах, дубравами грабово-снытево-кисличными на дерново-подзолисто-глееватых почвах; аллювиальные террасированные ландшафты, с прерывистым покровом водно-ледниковых супесей, плосковол-

нистые, с широколиственно-сосновыми орляково-зеленомошно-кисличными лесами на дерново-подзолисто-глееватых почвах, широколиственно-черноольховыми крапивными лесами на дерново-перегнойно-глеевых почвах; моренно-зандровые ландшафты, с покровом лессовидных суглинков, волнисто-увалистые с дубравами снытево-кисличными на дерново-палево-подзолистых слабоподзоленных почвах; пойменные плоскогивистые ландшафты с лугами, болотами, дубовыми и черноольховыми лесами [7].

Ландшафтная структура модельной территории имеет вид: аллювиальные террасированные с поверхностным залеганием аллювиальных песков – 12,6%; аллювиальные террасированные с прерывистым покровом водно-ледниковых супесей – 20,6%; моренно-зандровые – 49,4%; пойменные – 17,4%.

Из табл. 1 видно, что за 30 лет степень антропогенной трансформации как видов ландшафтов, так и всего модельного района возросла. В то же время наблюдается дифференциация глубины антропогенных изменений в зависимости от вида ландшафта. Так, по коэффициенту $K_{ан}$ наиболее существенные изменения произошли в аллювиальном террасированном с поверхностным залеганием песков и моренно-зандровом ландшафтах. Антропогенная трансформация пойменного ландшафта возросла в меньшей степени. По коэффициенту K_c наблюдается снижение экологической стабильности всех видов ландшафтов и модельного района в целом. К началу XXI в. моренно-зандровый ландшафт в целом стал источником экологической нестабильности всей территории ($K_c < 0$). В наименьшей степени изменилась экологическая стабильность пойменного ландшафта. Максимальные изменения индекса хемеробности наблюдаются для моренно-зандрового ландшафта (M увеличился в 1,3 раза); в других видах ландшафтов изменения этого показателя незначительные. По K_r состояние территории модельного района в целом оценивается как кризисное, а моренно-зандрового и пойменного ландшафтов – как катастрофическое. Таким образом, по всем рассматриваемым показателям моренно-зандровый ландшафт характеризуется наибольшей степенью трансформации, которая непрерывно возрастает.

В пределах выбранного модельного района имеет место пространственная неоднородность трансформации ландшафтов в течение рассматриваемого периода. Так, например, в северо-западной части модельного района (участок около 25 км²) наблюдается существенный рост уровня трансформации (табл. 2), обусловленный строительством новых промышленных объектов (Гомельская ТЭЦ-2) и расширением существующих (Гомельский химический завод). Наибольший масштаб изменений характерен для выдела аллювиального террасированного ландшафта: значения K_r снизились в 1,6 раза, а $K_{ан}$ увеличились в 1,4 раза.

Одним из важных последствий антропогенной трансформации ландшафтов является изменение протекающих в них сукцессионных процессов. Способность природных систем достигать климакса в ходе сукцессий рассматривается как единственный надежный признак (индикатор) естественного экологического равновесия территории [5, 6]. С геоэкологических

позиций сукцессии растительности могут рассматриваться как показатель состояния геосистем, их средообразующих, средозащитных и ресурсовоспроизводящих свойств, экологического равновесия в геосистемах различного иерархического уровня.

Нами был проведен корреляционный анализ показателей сукцессий растительности и показателей нарушенности ландшафтов, в которых данные сукцессии протекают. Материалом являлись геоботанические описания различных стадий сукцессий (от пионерных до климаксовых) в природных, природно-антропогенных и техногенных геосистемах (широколиственные, широколиственно-сосновые, сосновые, мелколиственные леса, вырубки, строительные площадки, пустыри, залежи). Для каждого описания был установлен сукцессионный статус – время от начала сукцессии (либо непосредственно повторными наблюдениями на постоянных пробных площадках, либо с помощью деревьев-хроноиндикаторов). В качестве показателей сукцессии рассматривались: видовое богатство (число видов на

100 м²); численность естественного возобновления древесных видов (шт./га); доля терофитов в спектре жизненных форм (% от всех видов), которая характеризует удаленность от климаксовой стадии, где участие терофитов минимально; доля фанерофитов в спектре жизненных форм (% от всех видов); характеризующая близость к климаксовой стадии, на которой фанерофиты преобладают; время появления деревьев (год с начала сукцессии), которое характеризует скорость формирования раннесукцессионного леса; представленность лесных видов (% от общего числа видов) – характеризует близость к климаксовой стадии, на которой достигается максимальный вклад лесных видов в состав флоры; представленность лесных неморальных видов (класс растительности Quercus-Fagetalia); синантропизация – доля синантропных видов (% от общего числа видов) – характеризует нарушенность растительности; адвентизация – доля адвентивных видов от общего числа видов флоры (% от числа всех видов) – характеризует степень открытости экосистемы для вторжения чужеродных видов.

Таблица 1

Антропогенные изменения ландшафтов юго-востока Беларуси (модельный район 484 км²)

Ландшафт	Показатели нарушенности ландшафта							
	K _r		K _c		K _{ан}		M	
	1970–1975	2000–2005	1970–1975	2000–2005	1970–1975	2000–2005	1970–1975	2000–2005
Аллювиальный террасированный с поверхностным залеганием аллювиальных песков	1,91	1,67	0,621	0,450	3,41	4,48	39,5	45,0
Аллювиальный террасированный с прерывистым покровом водно-ледниковых супесей	1,39	1,22	0,370	0,230	4,86	5,48	45,3	49,5
Моренно-зандровый	0,08	0,06	0,04	-0,07	7,02	7,56	63,4	84,8
Пойменный	0,28	0,27	0,635	0,552	3,93	4,15	37,6	38,0
Модельный район в целом	0,61	0,54	0,268	0,148	5,70	6,12	53,5	68,2

Таблица 2

Антропогенные изменения ландшафтов на северо-западном участке модельного района

Ландшафт	Показатели нарушенности ландшафта							
	K _r		K _c		K _{ан}		M	
	1970–1975	2000–2005	1970–1975	2000–2005	1970–1975	2000–2005	1970–1975	2000–2005
Аллювиальный террасированный с поверхностным залеганием аллювиальных песков	2,49	1,52	0,660	0,450	3,60	5,15	35,7	45,5
Моренно-зандровый	0,12	0,00	0,262	0,082	6,32	7,19	57,1	65,0
Участок в целом	1,60	1,17	0,499	0,312	4,66	5,93	44,7	52,4

Для каждого участка, на котором изучалась сукцессия, были рассчитаны показатели нарушенности окружающего ландшафта – K_r, K_c, M (определялись в квадрате размером 1 км², центр которого – пробная площадка или группа близкорасположенных пробных площадок).

Для оценки связи рассчитывались коэффициенты ранговой корреляции Кендалла (с помощью пакета программ STATISTICA 5.0).

Показатели нарушенности ландшафта имеют тесную корреляционную связь между собой, поскольку так или иначе отражают структуру землепользования территории. Так, коэффициент корреляции Кендалла между K_r и M составил -0,95; между K_r и K_c – +0,82.

Значения коэффициентов корреляции между показателями сукцессии и нарушенностью ландшафтов приведены в табл. 3. Видно, что рост нарушенности (увеличение индекса M и уменьшение K_c и K_r) вызывает задержку

сукцессии на нелесных стадиях (увеличивается время появления деревьев), снижение видового богатства, численности естественного возобновления древесных видов. На всех стадиях сукцессии в составе растительности возрастает доля терофитов, синантропных и адвентивных видов. Инвазии адвентивных видов, с одной стороны, являются индикатором нарушения нормального хода сукцессионных процессов, а с другой стороны, могут являться причиной этого нарушения. Для сильнонарушенных ландшафтов характерен дефицит лесных видов (в том числе видов-эдикаторов поздних стадий сукцессии), что обуславливает высокую степень открытости для инвазий синантропных и адвентивных видов и формирование субклимаксовых лесных экосистем с высокой степенью адвентизации и синантропизации. Полученные результаты показывают, что сукцессионные процессы, протекающие на локальном уровне, зависят от нарушенности окружающего ландшафта.

**Корреляционная связь показателей сукцессии растительности с показателями нарушенности ландшафта
(коэффициент корреляции Кенделла)***

Показатели сукцессии	Показатели нарушенности ландшафта		
	K _r	K _c	M
Время появления деревьев, лет	-0,365	-0,410	0,403
Представленность лесных видов, %	0,367	0,413	-0,383
Представленность неморальных видов (класс Quercus-Fagetea), %	0,293	0,335	-0,305
Синантропизация, %	-0,322	-0,366	0,330
Видовое богатство, видов на 100 м ²	0,309	0,384	-0,380
Численность естественного возобновления древесных видов, шт./га	0,355	0,415	-0,383
Доля терофитов в спектре жизненных форм, %	-0,340	-0,375	0,340
Доля фанерофитов в спектре жизненных форм, %	0,300	0,352	-0,312
Адвентизация, %	-0,407	-0,450	0,412

* Указаны только достоверные значения коэффициентов корреляции, $p < 0,05$.

Таким образом, выполненный анализ позволяет говорить не только о значительных антропогенных изменениях ландшафтов модельного района в последней четверти XX в., но и о серьезном преобразовании сукцессионных

процессов, выражающемся в задержке сукцессий и увеличении инвазий синантропных и адвентивных видов на различных стадиях, в том числе лесных, являющихся признаками нарушения экологического равновесия.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аитов И.С.* Геоэкологический анализ для регионального планирования и системной экспертизы территории (на примере Нижневартковского региона): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Барнаул, 2006. 18 с.
2. *Шищенко П.Г.* Прикладная физическая география. Киев: Выща школа, 1988. 192 с.
3. *Волков С.Н.* Землеустройство в условиях земельной реформы (экономика, экология, право). М.: Былина, 1998. 210 с.
4. *Steinhard U., Herzog F., Lausch A. et al.* Nemeromy index for landscape monitoring and evaluation // Environmental Induces – System Analysis Approach. Oxford: EOLSS Publ., 1999. P. 237–254.
5. *Реймерс Н.Ф., Штильмарк Ф.Р.* Особо охраняемые природные территории. М.: Мысль, 1978. 295 с.
6. *Реймерс Н.Ф.* Охрана природы и окружающей человека среды: Словарь-справочник. М.: Просвещение, 1992. 320 с.
7. *Ландшафты Белоруссии* / Г.И. Марцинкевич [и др.]; Под ред. Г.И. Марцинкевича, Н.К. Клицуновой. Мн.: Университетское, 1989. 239 с.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 13 марта 2009 г.