

### РАЗДЕЛ 3. ГЕОЭКОЛОГИЯ

*УДК 911.2+504.54*

#### ДИАГНОСТИКА СОВРЕМЕННЫХ ЛАНДШАФТНО- ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТЕНДЕНЦИЙ (НА ПРИМЕРЕ ТЕСТОВЫХ УЧАСТКОВ ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ)

*Гусев А. П.*

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Гомель, Республика Беларусь  
E-mail: andi\_gusev@mail.ru*

Цель работы — оценка ландшафтно-экологических тенденций в геосистемах локального уровня (на примере юго-востока Беларуси). Объекты исследования: 5 тестовых участков, представляющих типичные природно-антропогенные ландшафты региона. Для диагностики современных ландшафтно-экологических тенденций разработан комплекс показателей, получаемых на основе наземных и дистанционных исследований растительного покрова (коэффициент экологической стабильности, средняя площадь лесного массива, удельные площади территорий с дигрессивной динамикой растительности и нарушениями восстановительных сукцессий, индикаторы трендов сокращения лесного покрова и биопродуктивности). Наиболее распространенными негативными экологическими процессами являются заболачивание и подтопление; водная и ветровая эрозия; дигрессии лесных геосистем, вызванные рекреационной деятельностью, загрязнением атмосферы, пожарами, рубками; деградация растительности, вызванная высоким уровнем загрязнения почв и вод; инвазии чужеродных видов растений. Нарушение восстановительных процессов индицируют задержки сукцессий на тех или иных стадиях. Площадь таких территорий наибольшую величину имеет на участках, частично входящих в черту города Гомеля. Наиболее напряженная тенденция характерна для пахотного ландшафта, оказавшегося в зоне влияния крупного города, в которой происходит смена сельскохозяйственных геосистем – техногенными геосистемами, в сочетании с активизацией негативных экологических процессов, обусловленных как ростом антропогенной нагрузки, так и снижением потенциала самовосстановления.

**Ключевые слова:** ландшафтно-экологические тенденции, геосистемы, растительный покров, фитоиндикаторы, Беларусь.

#### ВВЕДЕНИЕ

Оценка экологических (ландшафтно-экологических) ситуаций в подавляющем большинстве случаев направлена на фиксацию существующего состояния геосистем [1, 2] и слабо разработана в динамическом аспекте. Практически отсутствуют работы по экологической оценке долговременной динамики геосистем. В связи этим нами было предложено понятие ландшафтно-экологической тенденции [3, 4], под которой понимается направленность пространственно-временных изменений экологического состояния геосистем (или потенциальная ландшафтно-экологическая ситуация). Предлагается различать долговременные и современные тенденции. Долговременная тенденция — это изменения геосистем во временном масштабе от нескольких десятилетий до первых столетий. Современная тенденция — от нескольких лет до первых десятилетий.

## ДИАГНОСТИКА СОВРЕМЕННЫХ ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТЕНДЕНЦИЙ (НА ПРИМЕРЕ ТЕСТОВЫХ УЧАСТКОВ ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ)

---

Согласно предлагаемой нами гипотезе, напряженность ландшафтно-экологической тенденции определяется соотношением процессов деградации и восстановления геосистем более низкого уровня иерархии, которые можно диагностировать по комплексу показателей растительного покрова. Исходя из этого широкие возможности для изучения ландшафтно-экологических тенденций дает фитоиндикация на основе наземных и дистанционных исследований [5]. Отбор показателей для индикации ландшафтно-экологических тенденций осуществляется на основе таких требований, как простота измерения, известная реакция на конкретные воздействия, низкая вариабельность реакции на воздействие, точность и воспроизводимость результатов, интегративность (полный набор индикаторов, должен охватывать реакции разных компонентов геосистемы), возможность прогноза (индикаторы должны быть способны прогнозировать изменения).

Цель работы — оценка ландшафтно-экологических тенденций в геосистемах локального уровня (на примере юго-востока Беларуси). Решаемые задачи: разработка методики оценки ландшафтно-экологических тенденций; выбор тестовых участков; анализ данных дистанционного зондирования Земли, маршрутных наблюдений, геоботанической съемки на пробных площадках; оценка напряженности современных ландшафтно-экологических тенденций в геосистемах тестовых участков.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Район исследований — юго-восток Беларуси (восточная часть Белорусского Полесья). Исследования проводились на 5 тестовых участках, представляющих типичные природно-антропогенные ландшафты региона.

Тестовый участок «Поколюбичи» (площадь 61,5 км<sup>2</sup>) расположен на северо-востоке города Гомеля. Природная подсистема — моренно-зандровый ландшафт (рельеф — волнисто-увалистый; литогенная основа — моренные супеси и суглинки). Преобладают пахотные геосистемы (более 60% площади).

Тестовый участок «Зябровка» (площадь — 52,2 км<sup>2</sup>) расположен в 3 км на юго-восток от города Гомеля. Природная подсистема — водно-ледниковый ландшафт (рельеф — волнистый; литогенная основа — водно-ледниковые супеси). Антропогенная трансформация вызвана сельскохозяйственной деятельностью (пахотные земли — 40%, луга, сенокосы, пастбища — 15%).

Тестовый участок «Новобелица» (площадь 58,2 км<sup>2</sup>) занимает крайнюю южную часть городской застройки Гомеля и прилегающие лесные массивы (сосновые, широколиственно-сосновые, широколиственные, мелколиственные леса). Природная подсистема представлена аллювиальным террасированным ландшафтом (рельеф — плосковолнистый; литогенная основа — древнеаллювиальные отложения позднеплейстоценового возраста, представленные песками и супесями). Преобладают лесные геосистемы (более 50% площади).

Тестовый участок «Уза» (73,7 км<sup>2</sup>) находится на западе от города Гомеля, захватывая городскую застройку и прилегающие сельскохозяйственные (север) и лесные (юг) территории. Природная подсистема представлена водно-ледниковым

(63%) и аллювиальным террасированным (37%) ландшафтами. Пахотные геосистемы занимают 44%, лесные — 22% площади.

Тестовый участок «Бартоломеевка» (площадь 53,1 км<sup>2</sup>) находится на территории Ветковского района Гомельской области (бывшая деревня Бартоломеевка и ее окрестности). Плотность загрязнения по цезию-137 — более 40 Ки/км<sup>2</sup> (население отселено, сельскохозяйственные земли выведены из оборота). Природная подсистема представлена водно-ледниковым (75%) и аллювиальным террасированным (25%) ландшафтами. В растительном покрове доминируют лесные фитоценозы (сосновые и мелколиственные леса).

Для диагностики современных ландшафтно-экологических тенденций разработан комплекс показателей, приведенный в табл. 1. Современными тенденциями мы предлагаем считать (с учетом мнения [6]) изменения геосистем в 10-летнем интервале.

Таблица 1.

## Критерии оценки ландшафтно-экологической тенденции на локальном уровне

Показатель	Напряженность ландшафтно-экологической тенденции			
	Нормальная	Удовлетворительная	Критическая	Кризисная
	1 балл	2 балла	3 балл	4 балла
Коэффициент экологической стабильности (K <sub>с</sub> )	>0,67	0,51–0,66	0,34–0,50	<0,33
Средняя площадь лесного массива, км <sup>2</sup>	>10	5–10	1–5	<1
Площадь территорий с дигрессивной динамикой, %	<5	5–25	25–50	>50
Площадь территорий, на которых сукцессия задерживается на абиотической и пионерной стадиях, %	<1	1–5	5–25	>25
Площадь территорий, на которых сукцессия задерживается на нелесных стадиях, %	<5	5–25	25–50	>50
Индикатор тренда деградации лесного покрова (DD <sub>F</sub> ), %	<2,5	2,5–5	5–10	>10
Индикатор тренда биопродуктивности (dNDVI)	Увеличение NDVI	Статистически незначимые изменения	Снижение NDVI (<5%)	Снижение NDVI (>5%)
Напряженность современной ландшафтно-экологической тенденции, балл (H <sub>ЛЭТ</sub> )	<1,5	1,51–2,50	2,51–3,50	>3,51

ДИАГНОСТИКА СОВРЕМЕННЫХ ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ  
ТЕНДЕНЦИЙ (НА ПРИМЕРЕ ТЕСТОВЫХ УЧАСТКОВ  
ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ)

---

Коэффициент экологической стабильности рассчитывался по формуле:

$$K_c = \sum s_i * k_i * g \quad (1)$$

где  $s_i$  — удельная площадь вида землепользования или соответствующего типа растительного покрова;  $k_i$  — экологическая значимость этого вида землепользования (частный коэффициент стабильности);  $g$  — коэффициент геолого-геоморфологической устойчивости рельефа (1 — стабильный рельеф; 0,7 — нестабильный рельеф: склоны, оползни, движущиеся пески и т.д.) [7].

Для оценки дигрессивной динамики используется удельная площадь территорий, на которых наблюдаются неблагоприятные экологические процессы — подтопление, дигрессии лесов, вторжения чужеродных видов растений и т.д.

Для оценки восстановительных процессов предложено использовать удельные площади территорий, на которых сукцессия задерживается на той или иной стадии, и территорий, на которых восстановительные сукцессии протекают в нормальном режиме [5]. Индикаторы, на основе которых диагностируются задержки сукцессионных процессов, обоснованы и подробно рассмотрены в [8].

В качестве индикатора тренда деградации лесного покрова предложен показатель:

$$DD_F = (S_{LF}/S_F) * 100 \quad (2)$$

где  $S_{LF}$  — площадь вырубленных, застроенных, сгоревших и т.д. лесов за предыдущие 10 лет;  $S_F$  — площадь лесов в год оценки.

Данный показатель определяется по данным проекта Global Forest Change [9].

Индикатором тренда биопродуктивности ландшафта выступает динамика нормализованного дифференцированного вегетационного индекса NDVI (dNDVI), которая оценивается за определенный период времени по данным MODIS (продукт MOD13Q1):

$dNDVI = NDVI_{2006-2010} - NDVI_{2015-2020}$ , где  $NDVI_{2006-2010}$  и  $NDVI_{2015-2020}$  — усредненное за летний период значение вегетационного индекса для оцениваемой геосистемы в соответственно в 2006–2010 и 2015–2020 гг. Достоверность различий между временными срезами определяется по критерию Вилкоксона для зависимых выборок [11].

Поскольку привести к единой системе измерения все используемые индикаторы невозможно, то используется бальная оценка. С учетом [6, 10] предложено выделять 4 оценочные категории тенденций: «нормальная», «удовлетворительная», «критическая» и «кризисная».

При нормальной тенденции процессы самовосстановления растительности компенсируют антропогенные воздействия, как в настоящем, так и в будущем (даже при условии роста нынешнего уровня антропогенной нагрузки). Удовлетворительная тенденция — процессы самовосстановления и деградации находятся в состоянии относительного равновесия и рост антропогенной нагрузки (в том числе появления новых антропогенных факторов), может вызвать ухудшение экологического состояния ландшафтов. Критическая тенденция — антропогенное воздействие уже не может компенсироваться восстановительными процессами, снижается способность растительности выполнять почвозащитные, водорегулирующие, ресурсовоспроизводящие и другие функции, имеет место «ползучая» деградация

растительного покрова. Кризисная тенденция — потенциал самовосстановления растительности значительно нарушен, растительный покров не способен выполнять почвозащитные, водорегулирующие, ресурсовоспроизводящие и другие функции, в будущем можно прогнозировать резкое ухудшение экологического состояния территории.

Для интегральной оценки предложено использовать показатель напряженности  $N_{лэт}$ , определяемый как средняя балльная оценка по группе индикаторов:

$$N_{лэт} = \sum N_i / n \quad (3)$$

где  $N_i$  — оценка  $i$ -го индикатора, балл;  $n$  — число используемых индикаторов.

Картосхемы растительного покрова тестовых участков были построены на основе дешифрирования космических снимков Landsat 4–5 TM (2006–2008 гг.) и Sentinel-2 (2018). Критерии отбора снимков: облачность — менее 10%, период съемки — июль-август. Привязка данных Landsat 4–5, Sentinel-2 и MODIS, атмосферная коррекция снимков, создание масок растительного покрова тестовых участков на 2 временных срезах, операции зональной статистики выполнены в QGIS 3.8.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Тестовые участки значительно отличаются друг от друга по экологической стабильности. На участке «Поколюбичи»  $K_c$  имеет отрицательное значение, т.е. данная территория обладает очень низкой стабильностью и сама выступает в качестве источника дестабилизации окружающего ландшафта. Низкой стабильностью обладает территория участка «Уза». Средний уровень экологической стабильности характерен для участков «Зябровка» и «Новобелица». Максимальное значение  $K_c$  в настоящее время имеет участок «Бартоломеевка» (табл. 2).

Важной ландшафтно-экологической характеристикой является фрагментация лесного покрова, оцениваемая по средней площади сплошного лесного массива. Наибольшая фрагментация (и островизация) лесного покрова характерна для участка «Поколюбичи», а наименьшая — для участка «Бартоломеевка». Остальные участки имеют схожий уровень фрагментации.

На территории тестовых участков наблюдался целый спектр неблагоприятных экологических процессов, отражающих дигрессивную динамику геосистем. Установлено, что на территории исследований наиболее значимые (в пределах участка затрагивают более 0,1% площади) негативные экологические процессы: заболачивание и подтопление; водная и ветровая эрозия; дигрессии лесных геосистем, вызванные рекреацией, загрязнением атмосферы, пожарами, рубками; деградация растительности, вызванная высоким уровнем загрязнения почв и вод; инвазии чужеродных видов растений.

Подтопление и заболачивание фиксировались по видовому составу растительности (тростниковые, рогозово-тростниковые, осоковые фитоценозы, черноольшанники, березняки осоковые и таволговые), а контуры ареала подтопления определялись по космоснимкам и уточнялись в ходе полевых работ. Химическое загрязнение почвогрунтов и вод также индицировалось по видовому составу растительности, проективному покрытию, наличию сухостоя деревьев и

ДИАГНОСТИКА СОВРЕМЕННЫХ ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ  
ТЕНДЕНЦИЙ (НА ПРИМЕРЕ ТЕСТОВЫХ УЧАСТКОВ  
ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ)

кустарников. Эрозия диагностировалась по видовому составу растительности и космоснимкам. Для оценки использовалась удельная площадь сильноэродированных почв. Процесс инвазий чужеродных видов растений оценивался по площади, которую занимают фитоценозы с доминированием чужеродных видов-трансформеров.

На тестовом участке «Поколюбичи» дигрессивные процессы распространены на 10,2% площади. Преобладающие процессы — подтопление и заболачивание, которые приурочены к восточной окраине участка, где моренно-зандровая равнина переходит в пойму реки Сож. Эрозионные процессы отмечаются на пахотных угодьях, представляющих собой массивы осушенных болот. Для участка характерна наибольшая удельная площадь фитоценозов с доминированием чужеродных видов-трансформеров (*Acer negundo*, *Robinia pseudoacacia*, *Solidago canadensis*). Почти все (89%) лесные геосистемы подвержены рекреационной и пирогенной дигрессии.

Таблица 2.

Результаты оценки современных ландшафтно-экологических тенденций на  
тестовых участках

Показатель	Тестовые участки				
	1	2	3	4	5
Коэффициент экологической стабильности ( $K_c$ )	-0,03	0,18	0,45	0,34	0,85
Средняя площадь лесного массива, км <sup>2</sup>	0,1	1,58	2,55	1,16	14,17
Площадь территорий с дигрессивной динамикой, %	10,2	5,5	7,7	12,7	0,6
Площадь территорий, на которых сукцессия задерживается на абиотической и пионерной стадиях, %	26,1	13,2	24,7	22,5	0,2
Площадь территорий, на которых сукцессия задерживается на нелесных стадиях, %	63,7	38,2	3,2	43,8	11,4
$DD_F$	0,0	-15,1	-1,7	-5,2	+17,0
dNDVI	-0,046	-0,020	-0,016	-0,024	0,035
Напряженность современной ландшафтно-экологической тенденции, балл ( $H_{лэг}$ )	3,14	3,0	2,00	2,71	1,14

Примечание: 1 — «Поколюбичи»; 2 — «Зябровка»; 3 — «Новобелица»; 4 — «Уза»; 5 — «Бартоломеевка»

На участке «Зябровка» наиболее значимым процессом являются дигрессии лесных геосистем (причины — пожары и повреждения вредителями). Эрозия отмечается на старопахотных супесчаных почвах. Фитоценозы с доминированием чужеродных видов-трансформеров распространены в окрестностях заброшенной

военно-авиационной базы (*Acer negundo*, *Robinia pseudoacacia*) и на неиспользуемых огородах и вырубках (*Solidago canadensis*).

На участке «Новобелица» территориально преобладают два процесса: заболачивание и подтопление (ложбины стока, старичные понижения) и дигрессии лесных геосистем (в черте города Гомеля и в непосредственной близости к жилым кварталам). Факторы дигрессии — рекреации и пожары. Эрозионные процессы имеют место на песчаных почвах пахотных земель в пойме реки Сож. Фитоценозы чужеродных трансформеров (*Acer negundo*, *Solidago canadensis*, *Ambrosia artemisiifolia*) приурочены к обочинам автомобильных дорог и вырубкам.

На участке «Уза» дигрессивные процессы имеют максимальную удельную площадь (12,7%) среди всех изученных участков. Здесь распространены как природные, так и техногенные процессы заболачивания и подтопления. Природное заболачивание развивается в ложбинах стока и в понижениях надпойменной террасы, техногенное — в окрестностях Гомельского химического завода, свалки твердых коммунальных отходов и завода «Центролит». Эрозия приурочена к старопахотным угодьям. Дигрессии лесных геосистем отмечаются в районе зоны влияния Гомельского химического завода (за счет химического загрязнения атмосферы), на окраинах города Гомеля (рекреация и пожары). Фитоценозы чужеродных трансформеров (*Acer negundo*, *Robinia pseudoacacia*, *Solidago canadensis*) приурочены к рудеральным местам. Специфическим процессом (встречается только на этом участке) является деградация растительности, вызванная высоким уровнем загрязнения почв и вод. Такие зоны, с крайне низким покрытием угнетенной растительности, отмечаются на территории отвалов фосфогипса Гомельского химического завода, в зоне влияния отвалов фосфогипса (каналы, близлежащие водоемы и болота), на территории полигона твердых коммунальных отходов.

Для участка «Бартоломеевка» характерна наименьшая площадь дигрессивных процессов. Здесь отмечены дигрессии лесных геосистем (пожары) и заболачивание (в пойме реки Беседь). В развалинах заброшенных населенных пунктов встречаются фитоценозы с доминированием чужеродных трансформеров (*Acer negundo*, *Robinia pseudoacacia*). Наиболее распространенный процесс — пирогенные дигрессии лесов.

Наряду с дигрессивными процессами в пределах изучаемых участков развиваются восстановительные процессы, по которым можно оценить потенциал самовосстановления геосистем. Так, важными показателями, характеризующими восстановительные сукцессии, являются: длительность абиогенного этапа (время от момента формирования субстрата до появления пионерных группировок); длительность начальных стадий (общая длительность нелесных стадий, длительность пионерной стадии); общее проективное покрытие растительности на пионерной стадии; видовое богатство сообществ пионерной стадии; время появления, состав и численность естественного возобновления древесных видов [8].

Площадь территорий, на которых восстановительные сукцессии протекают в нормальном режиме, изменяется от 0 («Поколюбичи») до 84,2 («Бартоломеевка»). На значительной части площади имеют место задержки сукцессий на тех или иных стадиях. К территориям, на которых сукцессия задерживается на пионерной стадии, были отнесены застроенные земли (в том числе полигоны отходов) — пионерная

ДИАГНОСТИКА СОВРЕМЕННЫХ ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ  
ТЕНДЕНЦИЙ (НА ПРИМЕРЕ ТЕСТОВЫХ УЧАСТКОВ  
ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ)

---

стадия здесь может длиться десятки лет. Площадь таких территорий, наибольшую величину имеет на участках, частично входящих в черту города Гомеля. Минимальную — на участке «Бартоломеевка» (табл. 2).

Индикатор тренда биопродуктивности (dNDVI) показал статистически значимые изменения средних величин NDVI на двух временных срезах для участков — «Поколюбичи», «Уза» и «Бартоломеевка» (табл. 2). Так, на участке «Бартоломеевка» имеется достоверный по критерию Вилкоксона ( $p < 0,001$ ) рост индикатора биопродуктивности (dNDVI=0,035). На участке «Поколюбичи» — отрицательный тренд биопродуктивности. На участках «Зябровка», «Новобелица» и «Уза» достоверных различий не наблюдается. Причинами снижения NDVI (dNDVI>0) могут быть выборочные и сплошные рубки лесов, застройки территории, снижение урожайности сельскохозяйственных культур. Повышение NDVI (dNDVI>0) обусловлено восстановительными сукцессиями на вырубках, заброшенных пашнях, нарушенных землях, ростом урожайности.

Оценка изменений лесного покрова показала, что на участке «Поколюбичи» его удельная площадь за 10 лет не изменилась, на участках «Зябровка», «Новобелица», «Уза» — сократилась, на участке «Бартоломеевка» — увеличилась. Наибольшее сокращение лесного покрова наблюдается на участке «Зябровка» (на 15,1%) и «Уза» (на 4,8%).

Комплексная оценка современных тенденций на тестовых участках приведена также в табл. 2. Критическая ландшафтно-экологическая тенденция характерна для трех тестовых участков: «Поколюбичи», «Зябровка» и «Уза». При этом для каждого из них характерны свои особенности. Так, «Поколюбичи» — пример сильно преобразованной геосистемы, динамика которой обусловлена процессом урбанизации (создание современной высотной застройки на месте сельской застройки с садами, огородами и лугами). Эта геосистема имеет наименьший потенциал самовосстановления, что индицируется преобладанием здесь территорий, где восстановительные сукцессии блокируются чужеродными видами-трансформерами (*Solidago canadensis*, *Acer negundo*). «Зябровка» — лесопольевой ландшафт, дигрессивные изменения в котором обусловлены сплошными санитарными рубками поврежденных стволовыми вредителями сосновых насаждений в 2017–2018 гг. «Уза» — лесопольевой ландшафт с вкраплением техногенных геосистем, являющихся источником негативного воздействия на прилегающие территории, где развиваются дигрессии растительности, вызванные химическим загрязнением воздуха, поверхностных и грунтовых вод, а также подтоплением. На этих участках антропогенное воздействие уже не может компенсироваться восстановительными процессами, способность растительности выполнять почвозащитные, водорегулирующие, ресурсовоспроизводящие и другие функции в значительной степени подорваны. Удовлетворительная тенденция имеет место на участке «Новобелица». Здесь процессы самовосстановления и деградации находятся в состоянии относительного равновесия, но дальнейший рост антропогенной нагрузки (в том числе появления новых антропогенных факторов), может вызвать ухудшение экологического состояния геосистем. Нормальная тенденция присуща для участка «Бартоломеевка», где за счет процессов

самовосстановления после выведения из оборота на месте бывших сельскохозяйственных геосистем образовался лесной покров, т.е. произошло частичное восстановление исходного природного ландшафта. Такая тенденция рассматривается как «фоновая» для данного этапа развития природно-антропогенных ландшафтов региона.

Все эти локальные геосистемы подвергаются также воздействию факторов регионального и глобального уровня, среди которых одним из ведущих являются климатические изменения. Так, на территории юга Беларуси за последние 25 лет средние температуры января и февраля выросли на 2,5°, марта — на 2,0°C, июля и августа — на 1,3–1,4°C, а годовая сумма активных температур (выше 10°C) в 2006–2013 гг. превысила 2600 градусов [12]. Рассмотренные выше ландшафтно-экологические тенденции служат своего рода локальными условиями для климатогенной динамики ландшафтов регионального уровня.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ландшафтно-экологическая тенденция (т.е. направленность пространственно-временных изменений экологического состояния геосистем) зависит от соотношения процессов деградации и восстановления геосистем более низкого уровня иерархии, которые могут быть оценены с помощью комплекса статических (индикаторы состояния) и динамических (индикаторы тренда) показателей растительного покрова.

Из полученных результатов фитоиндикационной оценки ландшафтно-экологических тенденций на 5 тестовых участках видно, что наиболее напряженная тенденция характерна для пахотного ландшафта, оказавшегося в зоне влияния крупного города, в которой происходит смена сельскохозяйственных геосистем – техногенными геосистемами, в сочетании с активизацией негативных экологических процессов, обусловленных как ростом антропогенной нагрузки, так и снижением потенциала самовосстановления (тестовый участок «Поколюбичи»). Прогноз дальнейшей динамики локальных геосистем требует учета воздействия фоновых (региональных и глобальных) факторов, ведущим из которых являются изменения климата.

Рассмотренный выше комплекс индикаторов направлен на диагностику предпосылок возможных реакций локальных геосистем на воздействия факторов регионального и глобального уровней.

### Список литературы

1. Заиканов В. Г., Минакова Т. Б. Геоэкологическая оценка территорий. М.: Наука, 2005. 319 с.
2. Кочуров Б. И. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территорий. Смоленск: Маджента, 2003. 500 с.
3. Гусев А. П. Индикаторы ландшафтно-экологических тенденций (на примере Восточной части Белорусского Полесья) // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. 2018. №2. С.28–33.
4. Гусев А. П. Дистанционные индикаторы ландшафтно-экологических тенденций (на примере юго-востока Беларуси) // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. 2019. Том 5. (71). №3. С. 127–135.

**ДИАГНОСТИКА СОВРЕМЕННЫХ ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ  
ТЕНДЕНЦИЙ (НА ПРИМЕРЕ ТЕСТОВЫХ УЧАСТКОВ  
ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ)**

---

5. Гусев А. П. Диагностика ландшафтно-экологических ситуаций на основе фитоиндикации // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. 2016. №4. С. 77–83.
6. Виноградов Б. В. Основы ландшафтной экологии. М.: ГЕОС, 1998. 418 с.
7. Агрэкологія / под ред. В. А. Чернікова, А. І. Чекереса. М.: Колос, 2000. 536 с.
8. Гусев А. П. Потенциал самовосстановления геосистем и его оценка на основе фитоиндикации // Вестник Белорусского государственного университета. Серия 2. 2010. №1. С. 77–81.
9. Hansen M. C. et al. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change // Science. 2013. Vol. 342 (6160). P. 850–853.
10. Емельянов А. Г. Основы природопользования. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 304 с.
11. Гусев А. П. Изменения NDVI как индикатор динамики экологического состояния ландшафтов (на примере восточной части Полесской провинции) // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. 2020. № 1. С. 101–107.
12. Логинов В. Ф. Климатические условия Беларуси за период инструментальных наблюдений // Наука и инновации. 2016. № 9. С. 25–29.

**DIAGNOSTICS OF CONTEMPORARY LANDSCAPE-ECOLOGICAL  
TRENDS (ON THE EXAMPLE OF TEST SITES IN SOUTH-EAST OF BELARUS)**

*Gusev A. P.*

*Francisk Skorina Gomel State University, Gomel, Belarus  
E-mail: gusev@gsu.by*

The purpose of this work is to assess landscape-ecological trends in geosystems at the local level (using the example of the south-east of Belarus). Tasks of the work: development of a methodology for assessing landscape and ecological trends; selection of test sites; analysis of Earth remote sensing data, route observations, geobotanical surveys at test sites; assessment of the tension of modern landscape-ecological trends in the geosystems of test sites. Our hypothesis: the direction of the dynamics of geosystems is determined by the ratio of digressive and restorative processes, which can be diagnosed by the characteristics of the vegetation cover. Research objects: 5 test sites representing typical natural and anthropogenic landscapes of the region. To diagnose contemporary landscape-ecological trends, a complex of indicators has been developed, obtained on the basis of ground-based and remote sensing of vegetation cover (coefficient of ecological stability, average forest area, specific areas of territories with digressive vegetation dynamics and disturbances in restorative successions, indicators of trends in forest cover reduction and bioproductivity). Each of the indicators was evaluated in points (4 point scale). It is proposed to distinguish 4 assessment categories of the tension of landscape-ecological tendencies: «normal», «satisfactory», «critical» and «crisis».

The following results were obtained. Test sites differ significantly from each other in terms of ecological stability (minimum — «Pokolyubichi»; maximum — «Bartolomeevka»). The greatest fragmentation of the forest cover is typical for the «Pokolyubichi» site, and the smallest for the «Bartolomeevka» site. The most common negative ecological processes are waterlogging and flooding, water and wind erosion, digression of forest geosystems caused by recreation, air pollution, fires, logging; degradation of vegetation caused by high levels of soil and water pollution; invasion of alien plant species. Disturbance of succession processes is indicated by delays in successions at certain stages. The area of such territories is greatest in the areas that are partly within the boundaries of the city of Gomel. The tension

of the landscape-ecological trend (i.e., the direction of the spatio-temporal changes in the ecological state of geosystems) depends on the ratio of the processes of degradation and restoration of geosystems at a lower level of the hierarchy. The most tension tendency is characteristic of the arable landscape, which has found itself in the zone of influence of a large city, in which agricultural geosystems are replaced by technogenic geosystems, in combination with the activation of negative ecological processes caused by both an increase in anthropogenic load and a decrease of the self-restoration potential (test site «Pokolyubichi»). The least intense tendency is observed in the area where, due to the processes of self-restoration after being removed from circulation, a forest cover is formed in the place of the postagricultural geosystems (test site «Bartolomeevka»).

**Keywords:** landscape-ecological trends, geosystems, vegetation cover, phytoindicators, Belarus.

### References

1. Zaikanov V. G., Minakova T. B. *Geoekologicheskaya otsenka territoriy* (Geoecological assessment of territories). Ed. Moscow: Nauka (Publ.), 2005. 319 p. (in Russian).
2. Kochurov B. I. *Geoekologiya: ekodiagnostika i ekologo-khozyaystvennyy balans territoriy* (Geoecology: ecological diagnostics and ecological and economic balance of territories). Ed. Smolensk: Madchenta (Publ.), 2003. 500 p. (in Russian).
3. Gusev A. P. *Indikatory landshaftno-ekologicheskikh tendentsiy (na primere Vostochnoy chasti Belorusskogo Poles'ya)* (Indicators of landscape and ecological trends (on the example of the Eastern part of the Belarusian Polesye)). *Vestnik VGU. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*, 2018, no 2, pp. 28–33 (in Russian).
4. Gusev A. P. *Distantsionnyye indikatory landshaftno-ekologicheskikh tendentsiy (na primere yugo-vostoka Belarusi)* (Remote indicators of landscape and ecological trends (on the example of the south-east of Belarus)). *Uchenyye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya*, 2019, vol. 5 (71), no 3, pp. 127–135 (in Russian).
5. Gusev A. P. *Diagnostika landshaftno-ekologicheskikh situatsiy na osnove fitoindikatsii* (Diagnostics of landscape-ecological situations based on phytoindication). *Vestnik VGU. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*, 2016, no 4, pp. 77–83 (in Russian).
6. Vinogradov B. V. *Osnovy landshaftnoy ekologii* (Basics of landscape ecology). Ed. Moscow: GEOS (Publ.), 1998, 418 p. (in Russian).
7. *Agroekologiya* (Agroecology). V. A. Chernikov, A. I. Checkers. Ed. Moscow: Kolos (Publ.), 2000, 536 p. (in Russian).
8. Gusev A. P. *Potentsial samovosstanovleniya geosistem i yego otsenka na osnove fitoindikatsii* (Self-restoration potential of geosystems and its assessment based on phytoindication). *Vestnik Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 2*, 2010, no 1, pp. 77–81 (in Russian).
9. Hansen M. C. et al. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*, 2013, vol. 342 (6160), pp. 850–853.
10. Emelyanov A. G. *Osnovy prirodopol'zovaniya* (Fundamentals of nature management). Ed. Moscow: Akademia (Publ.), 2004, 304 p. (in Russian).
11. Gusev A. P. *Izmeneniya NDVI kak indikator dinamiki ekologicheskogo sostoyaniya landshaftov (na primere vostochnoy chasti Poles'skoy provintsii)* (Changes in the NDVI as an indicator of the dynamics of the ecological state of landscapes (on the example of the eastern part of the Polesie province)). *Vestnik VGU. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*, 2020, no 1, pp. 101–107 (in Russian).
12. Loginov V. F. *Klimaticheskiye usloviya Belarusi za period instrumental'nykh nablyudeniy* (Climatic conditions of Belarus for the period of instrumental observations). *Nauka i innovatsii*, 2016, no 9, pp. 25–29 (in Russian).

*Поступила в редакцию 01.07.2021 г.*