

ИНДИКАТОРЫ ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТЕНДЕНЦИЙ (НА ПРИМЕРЕ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ)

А. П. Гусев

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Беларусь

Поступила в редакцию 16 февраля 2017 г.

Аннотация: Рассмотрены индикаторы ландшафтно-экологических тенденций на региональном уровне. Предложен индекс напряженности ландшафтно-экологической тенденции. Выполнена оценка ландшафтно-экологических тенденций в ландшафтах восточной части Полесской провинции (юго-восток Белоруссии). Установлено, что критическая ландшафтно-экологическая тенденция имеет место во вторично-моренном ландшафте.

Ключевые слова: растительный покров, индикаторы, ландшафт, ландшафтно-экологическая тенденция, неблагоприятные экологические процессы.

Abstract: The indicators of landscape-ecological trends at the regional level have been considered. The index of intensity of the landscape-ecological trend has been proposed. The assessment of landscape-ecological trends in the landscapes of the eastern part of the Polesye Province (south-east of Belarus) has been carried out. It is established that a critical landscape-ecological trend takes place in the secondary moraine landscape.

Key words: plant cover, indicators, landscape, landscape and ecological trend, adverse ecological processes.

Важной проблемой в геоэкологических исследованиях является поиск индикаторов, отражающих ландшафтно-экологическую тенденцию, т.е. направленность пространственно-временных изменений экологического состояния ландшафтов. На основе установленных тенденций можно строить прогноз их будущего экологического состояния. Такая система индикаторов позволяет учитывать динамизм природных и природно-антропогенных геосистем.

Индикатором ландшафтно-экологических тенденций выступает долговременная динамика растительности, которая рассматривается в двух аспектах: а) смена растительности в пределах одного местоположения (однородного по абиотическим условиям ареала) – сукцессии и нарушения («катастрофические смены»); б) изменение структуры растительного покрова, т.е. состава и соотношения площадей, конфигурации контуров сообществ разных типов. Причем, в качестве индикаторов следует использовать как сам растительный покров (в той или иной степени трансформированный человеком), так и замещающие его антропо-

генные «неживые» элементы – жилую и промышленную застройку, отвалы твердых отходов, шламохранилища.

Смены растительности представляют в виде сукцессионных серий и динамических рядов. Такие серии и ряды могут создаваться различными способами: транспонированием (перевод или переворачивание пространственного ряда во временной ряд); экспертным способом – выстраивание фитоценозов или экосистем, представляющих те или иные стадии сукцессии, в виде древовидного графа; путем мониторинга, т.е. повторными наблюдениями на постоянных пробных площадках. Динамика изменения структуры растительного покрова изучается путем сравнения разновременных космоаэроснимков, топографических карт, результатов полевого геоботанического картирования. Указанные два аспекта динамики растительности увязываются друг с другом с помощью структурно-динамического подхода [1, 11] и модели сукцессионной системы растительности [9].

Выяснение ландшафтно-экологической тенденции основано на анализе пространственной мозаики современного растительного покрова, кото-

рая отражает как прошлые изменения, так и индицирует будущие состояния [2, 4, 7, 8]. Выбор критериев оценки определяется установленными связями между состоянием и динамикой растительности и структурой окружающего ландшафта.

Для разных уровней иерархии геосистем набор показателей может различаться. На локальном уровне могут использоваться такие критерии, как задержка восстановительных сукцессий на той или иной стадии, инвазии чужеродных видов растений, дигрессии растительности [4].

Цель настоящей статьи – методические подходы к оценке ландшафтно-экологических тенденций на региональном уровне.

Объектом исследований являлись ландшафты восточной части (в пределах Полесско-Приднепровского геоботанического округа) Полесской ландшафтной провинции, занимающей юг Белоруссии (подзона широколиственно-лесных ландшафтов). Климат теплый, неустойчиво влажный. Сумма активных температур (выше +10°C) составляет более 2500°. Количество осадков – 500-650 мм/год.

Для оценки ландшафтно-экологических тенденций на региональном уровне использованы показатели (операционная территориальная единица – выдел рода ландшафтов).

1. Техногенный покров (удельная площадь техногенных геосистем, %).

2. Лесистость (удельная площадь лесных экосистем, %).

3. Фрагментация лесного покрова (средняя площадь лесного массива, км²).

4. История землепользования (оценка по распаханности в XIX веке – доля пахотных земель в XIX веке).

5. Опасность неблагоприятных экологических процессов – пожары, дефляция – торфяные бури, эрозия, вторичное заболачивание, рекреационная дигрессия.

Показатели 1-4 отражают антропогенную трансформацию ландшафтов и влияют на восстановительные процессы; 5 – оценивают вероятное распространение дигрессионных процессов.

Техногенные геосистемы (жилая и промышленная застройка, транспортные коммуникации, полигоны отходов, горные выработки) и леса – вносят решающий вклад в величину показателей, оценивающих антропогенное нарушение ландшафтов [5]. Фрагментация лесного покрова – важная характеристика структуры ландшафта, которая влияет на ход восстановительных процессов. На локальном уровне установлена связь между

фрагментацией и состоянием лесных экосистем [5], между фрагментацией и нарушениями восстановительных сукцессий [4, 7, 8].

История землепользования влияет на состояние современного лесного покрова, обуславливает задержки восстановительных сукцессий на разных стадиях, способствует инвазиям чужеродных видов [6, 12].

Неблагоприятные экологические процессы – это процессы, вызывающие дигрессии растительного покрова, тормозящие формирование и развитие растительности в ходе восстановительных сукцессий. На ландшафтном уровне оценивается опасность этих процессов (как степень вероятности). Спектр неблагоприятных экологических процессов в том или ином регионе зависит от физико-географических условий и уровня антропогенного преобразования. В нашем случае для оценки выбраны наиболее важные (по распространению и вероятному ущербу) для Белорусского Полесья процессы:

1) лесные пожары (оценка опасности по удельной площади лесов очень высокой и высокой пожарной опасности – I и II классов);

2) дефляция (оценка по удельной площади дефляционноопасных земель – пахотных земель на месте осушенных болот);

3) заболачивание и подтопление (оценка по удельной площади болот и заболоченных земель).

Современное землепользование (лесной покров, застройка) определялось с помощью публичной земельно-информационной карты Беларуси и уточнялось по материалам GoogleEarth. Для изучения особенностей растительного покрова применялась «Карта растительности БССР» (масштаб 1 : 500 000). Границы и названия ландшафтов – по «Ландшафтной карте Республики Беларусь» (1 : 500 000). Классификация ландшафтов – по Г.И. Марцинкевич [10].

История землепользования изучалась по военно-топографической карте Российской Империи (3 версты в 1 дюйме, съемка 1846-1863 гг.). Привязка и оцифровка растров выполнялись в Quantum GIS 2.6.0.

Количественные значения показателей, используемых для оценки напряженности ландшафтно-экологических тенденций, приведены в таблице 1.

Индекс напряженности ландшафтно-экологической тенденции (*Нлэт*) рассчитывается по формуле:

$$Нлэт = \sum \frac{H_i}{n},$$

Критерии оценки ландшафтно-экологических тенденций на региональном уровне

| Показатель | Напряженность ландшафтно-экологической тенденции | | | |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------|-------------|-----------|
| | Нормальная | Удовлетворительная | Критическая | Кризисная |
| | 1 балл | 2 балла | 3 балла | 4 балла |
| Техногенный покров, % | <1 | 1-5 | 5-10 | >10 |
| Лесистость, % | >50 | 25-50 | 5-25 | <5 |
| Фрагментация лесного покрова, км ² | >10 | 5-10 | 1-5 | <1 |
| История землепользования (доля пахотных земель в XIX в.) | <5 | 5-25 | 25-50 | >50 |
| Леса очень высокой и высокой пожарной опасности, % | <5 | 5-25 | 25-50 | >50 |
| Дефляционноопасные земли, % | <5 | 5-25 | 25-50 | >50 |
| Заболачивание и подтопление, % | <5 | 5-25 | 25-50 | >50 |

где H_i – напряженность по i -му показателю, балл;
 n – число используемых показателей.

Значения *Нлэт* изменяются от 1 до 4 баллов. Предлагаются следующие градации ландшафтно-экологической тенденции: нормальная – менее 1,5; удовлетворительная – 1,5-2,5; критическая – 2,5-3,5; кризисная – более 3,5 баллов.

При нормальной тенденции процессы самовосстановления растительности компенсируют антропогенные воздействия, как в настоящем, так и в будущем (при условии, что нынешний уровень антропогенной нагрузки не изменится).

Удовлетворительная тенденция соответствует «зоне риска» [2], т.е. 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 не компенсируется восстановительными процессами, снижается способность растительности выполнять почвозащитные, водорегулирующие, ресурсовоспроизводящие и другие функции, имеет место «ползучая» деградация растительного покрова, которая в будущем будет только возрастать.

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.

В качестве примера рассмотрим оценку ландшафтно-экологических тенденций в ландшафтах

восточной части Полесской провинции (таблица 2). В пределах данной территории присутствуют ландшафты 8 родов: водно-ледниковые, аллювиальные террасированные, моренно-зандровые, вторично-моренные, холмисто-моренно-эрозионные, озерно-аллювиальные, озерно-болотные и пойменные [10].

Водно-ледниковые ландшафты занимают 35,6% изучаемой территории. Морфолитогенная основа этих ландшафтов сформировалась за счет деятельности талых вод днепровского (припятского) ледника (средний плейстоцен) [3]. Рельеф – плосковолнистый и волнистый. Покровные отложения представлены водно-ледниковыми песками и супесями, реже суглинками. Данный род ландшафтов представлен 14 выделами. Значения индикаторов ландшафтно-экологических тенденций колеблются в широких пределах. Так, лесистость изменяется от 22,1 до 80,5%. Удельная площадь лесов с очень высокой и высокой пожарной опасностью (сосновые кустарничково-зеленомошные леса – лишайниковые, вересковые, брусничные и мшистые) составляет от 20,0 до 58,6%. Доля пахотных земель в XIX веке – от 0 до 35,4%. Для этих ландшафтов характерна низкая заболоченность (от 0 до 12,7%) и площадь дефляционноопасных земель (от 0 до 8,8%). Величина показателя *Нлэт* изменяется по выделам от 1,29 до 2,57. Критическая (*Нлэт* > 2,5) тенденция наблюдается на 2,7%, а удовлетворительная – 40,5% территории водно-ледниковых ландшафтов. В целом для данного рода ландшафта характерна нормальная тенденция (среднее значение *Нлэт* = 1,43).

Аллювиальные террасированные ландшафты занимают 17,0% изучаемой территории. Морфолитогенная основа в данном случае образовалась

Показатели ландшафтно-экологических тенденций для родов ландшафтов восточной части Полесской провинции

| Показатель | Рода ландшафтов | | | | | |
|----------------------------------------------------------------|-----------------|------|------|------|------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Техногенный покров, % | 0,9 | 1,1 | 2,7 | 11,0 | 9,1 | 0,6 |
| Лесистость, % | 56,3 | 64,1 | 44,7 | 10,5 | 33,4 | 52,4 |
| Фрагментация, км ² | 13,9 | 17,8 | 9,87 | 1,23 | 4,67 | 10,60 |
| История землепользования (доля пахотных земель в XIX в.) | 7,0 | 1,6 | 13,2 | 45,0 | 15,4 | 0,2 |
| Леса очень высокой и высокой пожарной опасности, % | 22,9 | 19,6 | 25,2 | 51,4 | 32,7 | 15,7 |
| Дефляционноопасные земли, % | 1,5 | 1,7 | 2,9 | 0,0 | 0,0 | 3,1 |
| Заболачивание, % | 6,1 | 16,6 | 3,8 | 4,8 | 0,0 | 17,3 |
| Напряженность ландшафтно-экологической тенденции ($H_{лэт}$) | 1,43 | 1,43 | 1,86 | 2,71 | 2,14 | 1,29 |

1 – водно-ледниковый; 2 – аллювиальный террасированный; 3 – моренно-зандровый; 4 – вторично-моренный; 5 – холмисто-моренно-эрозионный; 6 – озерно-аллювиальный и озерно-болотный.

за счет аккумулятивной работы рек в конце плейстоцена и голоцене. Это низменные ландшафты, имеющие слабую дренированность, плоский и плосковолнистый рельеф. Покровные отложения имеют легкий механический состав. Аллювиальные террасированные ландшафты представлены 10 выделами. Для этих ландшафтов типична высокая лесистость – 48,2-78,3 %. Заболоченность колеблется от 0 до 37,1 % (максимальная в районе Национального парка «Припятский»). Доля пахотных земель в XIX веке – от 0 до 11,7 % (60 % осваивается только после осушительной мелиорации в XX веке). Для этого рода ландшафтов характерно преобладание нормальных тенденций (83,5 % от всей площади), т.е. процессы восстановления компенсируют антропогенные воздействия на растительный покров.

Озерно-аллювиальные и озерно-болотные ландшафты занимают 28,9 % площади. Морфолито-генная основа этих ландшафтов образовалась в конце плейстоцена и голоцена на месте крупных озер Полесья. Широко распространены озерные и аллювиальные отложения, часто перекрытые торфом. Рельеф преимущественно плоский. Здесь широко распространены низинные болота. Озерно-аллювиальные и озерно-болотные ландшафты представлены 7 выделами. Характеризуются высокой лесистостью (44,4-60,7 %) и заболоченностью (9,9-25,7 %). Почти 99 % этих ландшафтов стало осваиваться только во 2-й половине XX века после осушительной мелиорации.

Моренно-зандровые ландшафты занимают 7,8 % площади. Морфолито-генная основа этих геосистем формировалась в среднем плейстоцене (припятское оледенение) [3]. Рельеф волнистый, местами увалистый. Поверхностные отложения – супеси и суглинки. Моренно-зандровые ландшафты представлены 4 выделами, которые резко отличаются друг от друга по рассматриваемым характеристикам. Выдел, в пределах которого расположен город Гомель, занимает 24 % от всех моренно-зандровых ландшафтов и характеризуется высокой антропогенной трансформацией: низкая лесистость (4,2 %), значительная удельная площадь техногенного покрова (11 %), высокая фрагментация лесного покрова (менее 1 км²). Уже в XIX веке площадь пахотных земель здесь достигала 43,1 %. Характерна критическая ландшафтно-экологическая тенденция ($H_{лэт} = 3,0$).

Остальные выделы моренно-зандровых ландшафтов расположены в «глубине» Полесья: участок между Березиной и Припятью и участок на крайнем юге Беларуси (южнее реки Желонь). Они отличаются, напротив, высокой лесистостью (53,1-78,1 %) и преобладанием крупных лесных массивов (10-150 км²), значительную часть которых составляют леса с очень высокой и высокой пожарной опасностью (51,6-74,6 %). Ландшафтно-экологическая тенденция – нормальная.

Холмисто-моренно-эрозионные ландшафты занимают 1,1 % площади. Это наиболее возвышенные ландшафты (преобладают отметки выше

200 м). Морфолитогенная основа образовалась за счет краевой аккумуляции припятского ледника в среднем плейстоцене [3]. Рельеф – волнистый и холмисто-волнистый. Поверхностные отложения – супеси и суглинки. Представлены 1 выделом (район Мозырской гряды). Лесистость невысокая (для Полесья), удельная площадь техногенного покрова достигает 9,1 % (преимущественно за счет городской застройки Мозыря). Особенностью этого рода ландшафтов является активное развитие водной эрозии и оврагообразование, которые в целом для Полесья нетипичны. Ландшафтно-экологическая тенденция – удовлетворительная.

На долю вторично-моренных ландшафтов приходится только 0,6 % площади. Рельеф основной морены перекрыт покровными отложениями – супесями и лессовидными суглинками. Поверхность преимущественно волнистая и холмисто-волнистая. Вторично-моренные ландшафты представлены только 1 выделом – относительно узкая полоса по правому берегу Днепра (между притоками – Ведричем и Брагинкой). На этом участке наблюдается низкая лесистость (10,5 %) и высокая фрагментация лесного покрова (1,2 км²). Более 50 % лесов характеризуются очень высокой и высокой пожарной опасностью. В XIX веке площадь пахотных земель здесь составляла 45 %. Ландшафтно-экологическая тенденция характеризуется как критическая.

Еще 9 % площади приходится на пойменные ландшафты. Морфолитогенная основа продолжает формироваться и в настоящее время за счет современной работы рек. Динамика растительности находится в сильной зависимости от колебаний водности рек. Оценка ландшафтно-экологических тенденций в данном случае должна базироваться на специфических критериях и поэтому в настоящее время не рассматривается.

Таким образом, критическая ландшафтно-экологическая тенденция имеет место во вторично-моренном (весь ареал – 247,4 км²), моренно-зандровом (1 выдел – 712 км²) и водно-ледниковом (1 выдел – 367,7 км²) ландшафтах. В совокупности это составляет 3,8 % от всей изученной территории. Негативные тенденции, индицируемые по растительному покрову, локализируются в староосвоенных районах с высокой антропогенной преобразованностью ландшафтов. Удовлетворительная тенденция диагностируется на 40,2 % территории: в случае увеличения антропогенной нагрузки здесь может произойти ухудшение экологического состояния ландшафтов.

Предлагаемая методика оценки может использоваться при планировании хозяйственной деятельности, при разработке региональных схем рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов А. В. Эволюционно-динамическое картографирование растительности Сибири для целей прогнозирования / А. В. Белов, Е. В. Безрукова, Л. П. Соколова // География и природные ресурсы. – 2008. – № 1. – С. 10-21.
2. Виноградов Б. В. Основы ландшафтной экологии / Б. В. Виноградов. – Москва : ГЕОС, 1998. – 418 с.
3. Геология Беларуси. – Минск : Институт геологических наук НАН Беларуси, 2001. – 815 с.
4. Гусев А. П. Динамика растительности как индикатор ландшафтно-экологической ситуации / А. П. Гусев // Природные ресурсы. – 2015. – № 2. – С. 117-124.
5. Гусев А. П. Динамика структуры ландшафтного покрова и современное состояние лесных экосистем / А. П. Гусев, Н. С. Шпилевская // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2014. – Т. 10, вып. 2. – С. 114-118.
6. Гусев А. П. История землепользования как фактор современного состояния растительного покрова (на примере юго-востока Белоруссии) / А. П. Гусев // Сибирский экологический журнал. – 2014. – № 2. – С. 225-230.
7. Гусев А. П. Ландшафтно-экологические исследования динамики землепользования на территории юго-востока Белоруссии / А. П. Гусев // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. География. Геоэкология. – 2015. – № 3. – С. 47-51.
8. Гусев А. П. Пространственно-временные изменения землепользования и динамика растительности в ландшафтах юго-востока Беларуси / А. П. Гусев // Природные ресурсы. – 2014. – № 1. – С. 42-50.
9. Гусев А. П. Сукцессионная система как основа фитоиндикации динамики ландшафтов (на примере Полесской ландшафтной провинции) / А. П. Гусев // Природные ресурсы. – 2008. – № 2. – С. 51-62.
10. Марцинкевич Г. И. Ландшафтоведение / Г. И. Марцинкевич. – Минск : Белорусский государственный университет, 2007. – 206 с.
11. Сочава В. Б. Введение в учение о геосистемах / В. Б. Сочава. – Новосибирск : Наука, 1978. – 319 с.
12. Foster D. Land-use history as long-term broad-scale disturbance: regional forest dynamics in Central New England / D. R. Foster, G. Motzkin, B. Slater // Ecosystems. – 1998. – Vol. 1. – P. 96-119.

REFERENCES

1. Belov A. V. Evolyutsionno-dinamicheskoe kartografirovanie rastitel'nosti Sibiri dlya tselej prognozirovaniya / A. V. Belov, E. V. Bezrukova, L. P. Sokolova // Geografiya i prirodnye resursy. – 2008. – № 1. – S. 10-21.

2. Vinogradov B. V. Osnovy landshaftnoj ehkologii / B. V. Vinogradov. – Moskva : GEOS, 1998. – 418 s.
3. Geologiya Belarusi. – Minsk : Institut geologicheskikh nauk NAN Belarusi, 2001. – 815 s.
4. Gusev A. P. Dinamika rastitel'nosti kak indikator landshaftno-ehkologicheskoy situatsii / A. P. Gusev // Prirodnye resursy. – 2015. – № 2. – S. 117-124.
5. Gusev A. P. Dinamika struktury landshaftnogo pokrova i sovremennoe sostoyanie lesnykh ehkosistem / A. P. Gusev, N. S. SHpilevskaya // Geopolitika i ehkogeodinamika regionov. – 2014. – Т. 10, вып. 2. – S. 114-118.
6. Gusev A. P. Istoriya zemlepol'zovaniya kak faktor sovremennogo sostoyaniya rastitel'nogo pokrova (na primere yugo-vostoka Belorussii) / A. P. Gusev // Sibirskij ehkologicheskij zhurnal. – 2014. – № 2. – S. 225-230.
7. Gusev A. P. Landshaftno-ehkologicheskie issledovaniya dinamiki zemlepol'zovaniya na territorii yugo-vostoka Belorussii / A. P. Gusev // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Geografiya. Geohkologiya. – 2015. – № 3. – S. 47-51.
8. Gusev A. P. Prostranstvenno-vremennye izmeneniya zemlepol'zovaniya i dinamika rastitel'nosti v landshaftakh yugo-vostoka Belarusi / A. P. Gusev // Prirodnye resursy. – 2014. – № 1. – S. 42-50.
9. Gusev A. P. Suktsessionnaya sistema kak osnova fitoindikatsii dinamiki landshaftov (na primere Poleskoy landshaftnoj provintsii) / A. P. Gusev // Prirodnye resursy. – 2008. – № 2. – S. 51-62.
10. Martsinkevich G. I. Landshaftovedenie / G. I. Martsinkevich. – Minsk : Belorusskij gosudarstvennyj universitet, 2007. – 206 s.
11. Sochava V. B. Vvedenie v uchenie o geosistemakh / V. B. Sochava. – Novosibirsk : Nauka, 1978. – 319 s.
12. Foster D. Land-use history as long-term broad-scale disturbance: regional forest dynamics in Central New England / D. R. Foster, G. Motzkin, B. Slater // Ecosystems. – 1998. – Vol. 1. – P. 96-119.

Гусев Андрей Петрович
кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры экологии, декан геолого-географического факультета Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины, г. Гомель, Беларусь, т. (0232) 57-00-33, 37529-5307467, E-mail: andi_gusev@mail.ru

Gusev Andrey Petrovich
Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor of the Ecology Department, Dean of the Geological and Geographical Faculty of the Gomel State University named after F. Skarina, Gomel, Belarus, tel. (0232) 57-00-33, 37529-5307467, E-mail: andi_gusev@mail.ru