

УДК 911.5+504.54

А.П. Гусев, С.В. Андрушко

**АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ГЕОСИСТЕМ ЮГО-ВОСТОКА БЕЛОРУССИИ  
В XVIII-XX ВЕКАХ: ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ**

В работе рассмотрены результаты ландшафтно-экологического анализа антропогенных изменений геосистем юго-востока Белоруссии. Исследования проводились на трех временных срезах: 1) конец XVIII в.; 2) начало XX в.; 3) конец XX в. Выявлены экологические последствия антропогенного преобразования ландшафтов. Наибольшая деградация характерна для моренно-зандрового и вторично-моренного ландшафтов.

**Ключевые слова:** геосистемы; ландшафтно-экологический анализ; средообразующие функции; растительный покров; Белоруссия.

В ходе хозяйственного освоения территории природные ландшафты испытывают значительные изменения: природные геосистемы сменяются природно-антропогенными. Последствием данного процесса является значительное снижение средообразующих функций ландшафтов. Основными средообразующими функциями природных экосистем являются: поддержание биогеохимических циклов вещества; поддержание газового баланса и влажности атмосферы; стабилизация климатических показателей; формирование устойчивого гидрологического режима территорий и самоочищение природных вод; формирование биопродуктивности почв и защита их от эрозии; уменьшение интенсивности экстремальных природных явлений (наводнений, засух, жары, ураганов и др.) и ущерба от них; биологическая переработка и обезвреживание отходов; биологический контроль структуры и динамики биотических сообществ и отдельных видов [3]. Средообразующие функции природных ландшафтов можно рассматривать как регулирующие и поддерживающие экосистемные услуги, т.е. выгоды, получаемые людьми от регулирования экосистемных процессов (качества воздуха, местного, регионального и глобального климата, круговорота воды и т.д.) [7; 8]. Разработаны методы экономической оценки экосистемных услуг [6].

Анализ литературных источников показывает, что история антропогенной трансформации ландшафтов и их средообразующих функций на территории юго-востока Белоруссии изучена весьма слабо. Все вышесказанное определяет актуальность изучения антропогенного воздействия на ландшафты в историческом аспекте, которое включает определение особенностей природопользования и антропогенной нагрузки, оценку деградации средообразующих функций ландшафтов, ландшафтно-экологический анализ динамики и эволюции геосистем на различных временных срезах.

**Материалы и методика**

Объектом исследования являлся модельный район в пределах юго-востока Белоруссии, расположенный в междуречье Сожа и Узы, имеющий общую площадь 735 км<sup>2</sup>. Природно-ландшафтная структура района представлена моренно-зандровым (62% общей площади), аллювиальным террасированным (10%), пойменным (12%) и вторично-моренным ландшафтами (16%).

Цель исследований – анализ антропогенных изменений геосистем юго-востока Белоруссии в XVIII-XX вв. В задачи исследований входят: 1) изучение динамики структуры землепользования и антропогенной нагрузки; 2) оценка изменений средообразующих функций ландшафтов района; 3) оценка деградации потенциала самовосстановления природно-антропогенных геосистем.

---

© Гусев А.П., Андрушко С.В., 2012

**Гусев Андрей Петрович**, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, декан геолого-географического факультета Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины; 246019 Республика Беларусь, г. Гомель, ул. Советская, 104; gusev@gsu.by

**Андрушко Светлана Владимировна**, аспирант геолого-географического факультета Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины; 246019 Республика Беларусь, г. Гомель, ул. Советская, 104; sandrushko@list.ru

В ходе исследований был использован картографический материал: карта Гомельского уезда масштаба 1:84 000 (двухверстка) (1783); топографические карты масштаба 1:10 000 (1983); топографические карты масштаба 1:100 000 (1941, 1974-1985), 1:200 000 (1923-1931, 1988). Кроме того, использованы космofотоснимки (Google, Landsat, 2006-2008 гг.). Современные ареалы типов землепользования уточнялись маршрутным методом. На ключевых участках проводилась геоботаническая съемка (более 300 пробных площадок) и изучался почвенный покров (более 50 шурфов).

Геосистемы района изучались на трех временных срезах: 1) конец XVIII в.; 2) начало XX в. (конец 1920-х гг.); 3) конец XX в. (1990-2000 гг.). Для оценки потенциала самовосстановления использовались результаты геоботанической съемки и маршрутных наблюдений современного растительного покрова.

Для оценки антропогенных изменений в ландшафтах модельного района использовались известные ландшафтно-экологические индексы:  $K_{ан}$  – коэффициент антропогенной преобразованности [4],  $K_c$  – коэффициент экологической стабильности [1],  $M$  – индекс хемеробности [9]. Для изучения изменений гидросети использовался показатель густоты гидросети (длина водотоков на единицу площади). Различались три типа водотоков: природные; измененные; антропогенные (каналы, канавы). Кроме того, изучались данные изменения лесных и болотных экосистем (показатели – удельная площадь лесов, болот; средняя площадь сплошного лесного массива).

Оценка средообразующих функций ландшафтов была разработана на основе предложений российских и зарубежных ученых [3; 5; 7; 8]. Для каждой формы землепользования по пятибалльной шкале экспертным методом оценивались 9 функций (табл. 1).

Оценка средообразующей способности (регулирующих и поддерживающих экосистемных услуг) ландшафта (СФ) определялась по формуле:  $СФ = \sum S_i \cdot O_i$ , где  $S_i$  – удельная площадь ареала землепользования,  $O_i$  – оценка средообразующей способности ареала землепользования в баллах. Методика позволяет дать относительную оценку средообразующего потенциала различных геосистем и проследить изменение его во времени. Набор форм землепользования определяется возможностью их выявления на картах XVIII-XX вв.

Таблица 1

Матрица для оценки средообразующих функций ландшафтов

Функция	Форма землепользования							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Водоочистительная	4	4	2	1	0	0	0	0
Воздухоочистительная	5	1	1	0	0	2	1	0
Стокорегулирующая	4	5	2	1	0	0	0	0
Почвозащитная	5	0	4	0	0	2	0	0
Климаторегулирующая	5	4	1	1	0	2	1	0
Углерододепонирующая	4	4	2	0	0	0	0	0
Сглаживание экстремальных погодных явлений	5	5	2	1	0	2	0	0
Местообитания биоты	5	5	4	4	0	1	0	0
Поддержание биоразнообразия	5	5	4	3	0	0	0	0
Всего	42	33	22	11	0	9	2	0

Примечание. 1 – леса; 2 – болота; 3 – луга; 4 – водоемы; 5 – пахотные земли; 6 – сады; 7 – сельская застройка; 8 – городская и промышленная застройка.

Основной картографический материал представлялся в виде набора карт, выполненных с помощью программных пакетов ArcView 3.2a и Quantum GIS (QGIS 1.6.0). Расчет площадных показателей осуществлялся на основе модулей Spatial Analyst 2.0a и fTools QGIS.

### Результаты и их обсуждение

В ходе исследований выявлены следующие закономерности антропогенной трансформации ландшафтов юго-востока Белоруссии в XVIII-XX вв. В конце XVIII в. на территории района располагались местечки Гомель и Хальч, город Белица, а также многочисленные села и деревни. Численность населения в местечке Гомель составляло более 5000 чел. К концу первой трети XX в. на территории района располагался г. Гомель (численность населения – более 100 тыс. чел.) и около 100 сельских населенных пунктов. Активно развивались городское и железнодорожное строительство, осушительная мелиорация, велась разработка месторождений торфа и строительных материалов. В конце XX в. численность населения приблизилась к 0,5 млн чел.

В течение всего рассматриваемого времени лесистость территории снижалась (в целом по району в 5,5 раза), причем наибольшее сокращение лесистости приходится на период от конца XVIII до начала XX в. В значительной степени изменялась фрагментация ландшафтов. Так, к концу XX в. средняя площадь лесного массива сократилась до 0,15 км<sup>2</sup> (в конце XVIII в. она составляла 4,85 км<sup>2</sup>). В аллювиальном террасированном ландшафте этот показатель уменьшился в 15 раз, в пойменном – в 147 раз, в моренно-зандровом – в 34 раза. Наибольшая фрагментация характерна для вторично-моренного ландшафта (за рассматриваемый период средняя площадь лесного массива здесь сократилась в 700 раз и сейчас составляет всего лишь 0,03 км<sup>2</sup>).

За счет осушительной мелиорации существенно увеличилась густота гидросети: в аллювиальном террасированном ландшафте – в 2,1 раза; в пойменном – в 3,5 раза; во вторично-моренном – в 4,9 раза; в моренно-зандровом – в 7,3 раза (в целом по району – в 5 раз). Соответственно уменьшилась заболоченность территории. В конце XVIII в. заболоченность составляла более 10% площади; в конце XX в. – около 1%. Причем заболоченность пойменного ландшафта уменьшилась в 10 раз, моренно-зандрового – в 20 раз, вторично-моренного – в 6 раз. Наибольшие изменения плотности гидрографической сети и заболоченности приходятся на вторую половину XX в.

Изменения структуры землепользования отразились в снижении значений коэффициента экологической стабильности во всех ландшафтах, но в наибольшей степени – в моренно-зандровом и вторично-моренном ландшафтах. В течение рассматриваемого периода значение коэффициента экологической стабильности для моренно-зандрового ландшафта уменьшилось в 11,2 раза; для вторично-моренного – в 7,2 раза. Соответственно увеличились значения индекса хемеробности и коэффициента антропогенной трансформации. Так, индекс хемеробности увеличился в аллювиальном террасированном ландшафте в 1,6 раза, в пойменном – в 1,5 раза, во вторично-моренном – в 1,66 раза, в моренно-зандровом – в 1,2 раза (табл. 2).

Коэффициент антропогенной преобразованности увеличился в аллювиальном террасированном ландшафте в 1,6 раза, в пойменном ландшафте – в 1,5 раза, во вторично-моренном ландшафте – в 1,9 раза, в моренно-зандровом ландшафте – в 1,5 раза. В конце XVIII в. моренно-зандровый ландшафт относился к категории слабоизмененных ландшафтов, остальные – к категории очень слабоизмененных. В конце XX в. пойменный ландшафт может быть отнесен к категории слабоизмененных, аллювиальный террасированный ландшафт – среднеизмененных, вторично-моренный и моренно-зандровый – сильноизмененных ландшафтов.

Антропогенная трансформация геосистем вызвала существенные изменения их способности осуществлять средообразующие функции (табл. 2).

В ходе антропогенного преобразования ландшафтов территории происходило увеличение дифференциации их средообразующего потенциала: в конце XVIII в. минимальная и максимальная бальные оценки отличались в 2,2 раза, в конце XX в. – в 5,8 раза.

Значительная деградация средообразующего потенциала произошла в течение XIX в. (в наибольшей степени снизился средообразующий потенциал в моренно-зандровом и вторично-моренном ландшафтах). В течение XX в. средообразующие функции изменялись в существенно меньшем масштабе (особенно в аллювиальном террасированном и моренно-зандровом ландшафтах). Снижение средообразующего потенциала обусловлено сокращением площадей природных экосистем – лесов и болот. В настоящее время важную средообразующую роль играют сохранившиеся экосистемы аллювиального террасированного и пойменного ландшафтов.

Длительное хозяйственное освоение обуславливает снижение потенциала самовосстановления, что выражается в характеристиках сукцессионных процессов. Сукцессии растительности играют важную роль в процессах самовосстановления геосистем и служат индикатором их потенциала

самовосстановления, т.е. способности восстанавливать свою структуру, средообразующие и ресурсопроизводящие функции. Снижение потенциала самовосстановления локальных геосистем увеличивает риск нарушения экологического равновесия в геосистемах более высокого ранга [2].

Таблица 2

### Антропогенная трансформация ландшафтов юго-востока Белоруссии в XVIII-XX вв.

Показатель	Срез	Ландшафты			
		аллювиальный террасированный	пойменный	вторично- моренный	моренно- зандровый
Коэффициент экологической стабильности ( $K_c$ )	3	0,36	0,49	0,10	0,05
	2	0,53	0,61	0,25	0,18
	1	0,81	0,80	0,72	0,56
Хемеробность (M)	3	68,0	58,6	78,0	77,6
	2	54,3	58,0	69,0	74,0
	1	42,8	38,6	47,0	63,5
Коэффициент антропогенной трансформации ( $K_{ан}$ )	3	5,36	4,64	7,29	7,41
	2	4,67	4,22	6,49	6,87
	1	3,28	3,15	3,79	5,05
Средообразующие функции (СФ), балл	3	24,1	18,8	4,6	6,3
	2	24,3	23,3	10,3	7,8
	1	36,5	33,5	31,2	16,9

Примечание. 1 – конец XVIII в.; 2 – начало XX в.; 3 – конец XX в.

На основе анализа карт конца XVIII - начала XX в. были установлены смены форм землепользования на участках изучения современного растительного покрова. Описания растительности были объединены в 4 группы: 1) лесные сообщества, образовавшиеся на месте обрабатываемых и нарушенных земель (лесопосадки послевоенного времени); 2) лесные сообщества, существующие длительное время (как минимум с начала XIX в.); 3) обрабатываемые и нарушенные земли (синантропные сообщества), эксплуатируемые длительное время (с начала XX в.); 4) обрабатываемые и нарушенные земли (синантропные сообщества), эксплуатируемые менее 50 лет (послевоенные). 1-я и 3-я группы характерны для моренно-зандрового ландшафта; 2-я и 4-я – для аллювиального террасированного ландшафта. Обобщенные характеристики указанных групп приведены в табл. 3.

Видно, что лесные сообщества, возникшие на месте обрабатываемых и нарушенных земель (преимущественно искусственным путем), по сравнению с длительно существующими лесными экосистемами (в том числе подверженным периодическим рубкам), отличаются более низким видовым богатством, высокой синантропизацией и т.д. В таких сообществах представленность видов неморальных широколиственных лесов сокращается в 3,4 раза, а всех лесных видов – в 3 раза. Значительно повышается адвентизация (табл. 3). Эти различия обусловлены тем, что длительная эксплуатация территории привела к исчезновению значительного количества лесных видов и деградации популяций поздне-сукцессионных деревьев-эдикаторов. В результате этого восстановительная сукцессия задерживается на стадии раннесукцессионных лесных сообществ.

Аналогичные различия прослеживаются на ранних стадиях сукцессий, протекающих на землях, отличающихся продолжительностью эксплуатации. В геосистемах, подверженных длительной эксплуатации, начальные стадии сукцессии также отличаются низким видовым богатством, высокой синантропизацией, терофитизацией и адвентизацией. Для них характерна высокая доля адвентивных видов, особенно среди деревьев (более 40% древесных видов являются заносными). Указанные особенности нелесных и лесных стадий восстановительных сукцессий отражают деградацию потенциала самовосстановления в геосистемах, имеющих длительную историю эксплуатации.

В пределах моренно-зандрового и вторично-моренного ландшафтов задержка сукцессионных процессов на различных стадиях сукцессий отмечается практически повсеместно, т.е. их потенциал самовосстановления крайне низок.

### Выводы

Таким образом, анализ показал, что существенные антропогенные преобразования ландшафтов района исследований имели место на протяжении всего рассматриваемого периода. Уже в конце XVIII в. на всей территории был в той или иной степени нарушен растительный покров, изменена гидрографическая сеть, значительную площадь занимали обрабатываемые земли. В наибольшей степени в это время был преобразован моренно-зандровый ландшафт (распаханность – более 50%; лесистость – менее 30%). Имеет место дифференциация степени антропогенных преобразований в зависимости от природно-ландшафтной структуры.

Установлено, что антропогенная трансформация геосистем вызвала существенные изменения их способности осуществлять средообразующие функции. Наименьший средообразующий потенциал характерен для моренно-зандрового и вторично-моренного ландшафтов; наиболее высокий – для аллювиального террасированного и пойменного ландшафтов. Значительная деградация средообразующего потенциала произошла в течение XIX в. и обусловлена нарушением растительного покрова, которое выразилось в сокращении площадей природных экосистем – лесов и болот. В настоящее время важную средообразующую роль играют сохранившиеся экосистемы аллювиального террасированного и пойменного ландшафтов. В моренно-зандровом и вторично-моренном ландшафтах произошла коренная перестройка сукцессионных процессов, что свидетельствует о деградации их потенциала самовосстановления.

Важным экологическим последствием антропогенного преобразования ландшафтов юго-востока Белоруссии являются значительное сокращение удельной площади лесных и болотных экосистем, их фрагментация, обусловившие снижение средообразующего потенциала и способности к самовосстановлению.

Таблица 3

#### Изменение показателей современного растительного покрова юго-востока Белоруссии в зависимости от продолжительности освоения

Показатель	Растительное сообщество			
	1	2	3	4
Видовое богатство (число видов на 100 м <sup>2</sup> )	13,8±0,4	15,0±0,2	11,7±0,4	13,5±0,6
Представленность лесных видов (% общего числа видов)	19,3±1,7	57,9±1,7	0,3±0,1	4,5±0,9
Представленность синантропных видов (% общего числа видов)	23,0±1,9	5,8±0,7	71,8±1,9	41,3±3,2
Представленность терофитов (% общего числа видов)	11,4±0,9	4,0±0,3	40,2±2,3	20,0±2,6
Представленность фанерофитов (% общего числа видов)	28,2±1,5	40,9±0,7	2,9±0,8	11,2±1,5
Представленность видов класса <i>Quercus-Fagetum</i> – неморальные широколиственные леса (% общего числа видов)	9,3±1,1	31,6±1,5	0,2±0,1	1,7±0,4
Доля адвентивных видов от общего числа видов флоры (% числа всех видов)	7,8±1,1	1,8±0,3	23,1±1,3	13,1±1,6
Доля адвентивных видов деревьев (% общего числа древесных видов)	21,7±3,7	4,9±0,9	42,6±9,5	16,8±5,8

Примечание. 1 – лесные сообщества на месте обрабатываемых и нарушенных земель; 2 – лесные сообщества, существующие длительное время; 3 – обрабатываемые и нарушенные земли, эксплуатируемые длительное время; 4 – обрабатываемые и нарушенные земли, эксплуатируемые менее 50 лет.

**Библиографический список**

1. Агроэкология / под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса. М.: Колос, 2000. 536 с.
2. Гусев А.П. Потенциал самовосстановления геосистем и его оценка на основе фитоиндикации // Вестник Белорусского государственного университета. Сер. 2. 2010. №1. С. 77-81.
3. Павлов Д.С., Букварева Е.Н. Средообразующие функции живой природы и экологоцентрическая концепция природопользования // Экономика экосистем и биоразнообразия: потенциал и перспективы стран Северной Евразии: материалы совещания "Проект ТЕЕВ – экономика экосистем и биоразнообразия: перспективы участия России и других стран ННГ" (М., 2010.). М.: Изд-во Центра охраны дикой природы, 2010. С. 7-19.
4. Шищенко П.Г. Прикладная физическая география. Киев: Выща школа, 1988. 192 с.
5. Экономика сохранения биоразнообразия / под ред. А.А. Тишкова. М., 2002. 604 с.
6. Braun-Blanquet J. Pflanzensociologie. Wien – New York: Springer-Verlag, 1964. 865 s.
7. Brown T.S., Bergstrom J.C., Loomis J.B. Defining, valuing and providing ecosystem goods and services / T.S. Brown // Natural Resources J. 2007. Vol. 47. P. 329–369.
8. Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being // Synthesis Report. Island Press, Washington DC, 2005. 160 p.
9. Steinhard U. Hemeroby index for landscape monitoring and evaluation / U. Steinhard, F. Herzog, A. Lausch, E. Muller, S. Lehmann // Environmental Induces – System Analysis Approach. Oxford: EOLSS Publ., 1999. P. 237-254.

**A.P. Gusev, S.V. Andrushko**

**ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION OF GEOSYSTEMS OF SOUTHEAST OF  
BELARUS IN THE XVIII-XX CENTURIES: LANDSCAPE-ECOLOGICAL ANALYSIS**

In work results of the landscape-ecological analysis of natural-anthropogenic geosystems of southeast of Belarus are considered. Researches were carried out on three time interval: 1) the end of XVIII century; 2) the beginning of XX century; 3) the end of XX century. Ecological consequences of anthropogenous transformation of landscapes are revealed. Greatest degradation is characteristic for moraine-zandr and secondary-moraine landscapes.

**Key words:** geosystems, landscape-ecological analysis, ecosystems services, vegetation cover, Belarus.

**Andrey P. Gusev**, Candidate of Geology, Reader, Dean, Faculty of Geology and Geography, Francisk Skorina Gomel State University; 104 Sovetskaya St., Gomel, Belarus 246019; gusev@gsu.by

**Svetlana V. Andrushko**, Postgraduate, Faculty of Geology and Geography, Francisk Skorina Gomel State University; 104 Sovetskaya St., Gomel, Belarus 246019; sandrushko@list.ru