

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 км². 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 км² (в конце XVIII в. она составляла 4,85 км²). 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 км²).

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 приходится 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 ресурсовоспроизводящие 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 (М)	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-эдификаторов. 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 ²)	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. Агрэкологія / под ред. В.А. Чернікова, 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. Шпиченко 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