

РАЗДЕЛ 3. ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 911.2+504.54

ИНДИКАТОРЫ РИСКА НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ (НА ПРИМЕРЕ ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ)

Гусев А. П.

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

Дана оценка риска неблагоприятных ландшафтно-экологических процессов на территории юго-востока Беларуси с помощью системы индикаторов. Оценен риск характерных для региона процессов: пожаров, дефляции, загрязнения атмосферы, радиоактивного загрязнения, заболачивания и подтопления. Уточнено, что наибольший риск неблагоприятных процессов характерен для озерно-болотного, аллювиального террасированного и пойменного ландшафтов, наименьший — для холмисто-моренно-эрозионного и вторично-моренного ландшафтов. Выявлено, что на территории региона преобладают ландшафты с очень низким и низким риском неблагоприятных процессов.

Ключевые слова: природно-антропогенные ландшафты, риск, индикатор, неблагоприятные ландшафтно-экологические процессы, юго-восток Беларуси.

ВВЕДЕНИЕ

Для экологической оценки и прогноза динамики геосистем на основе ландшафтно-экологического подхода нами ранее было предложено понятие ландшафтно-экологической тенденции, которая рассматривается как направленность пространственно-временных изменений экологического состояния геосистем [1, 2]. Важным индикатором тенденции является пораженность территории неблагоприятными ландшафтно-экологическими процессами, под которыми понимаются процессы, направленные на ухудшение экологического состояния геосистемы и адекватные ее пространственно-временному масштабу. Они оцениваются по площадным характеристикам отдельных процессов: загрязнение, пожары, эрозия, засоление [3, 4, 5]. Как правило, учитываются процессы, ареалы которых сопоставимы с масштабом оцениваемых геосистем. В совокупности сумма ареалов всего спектра этих процессов служит показателем дигрессивной динамики геосистем в пределах какой-либо территории.

Спектр неблагоприятных процессов будет различаться в зависимости от уровня иерархии геосистемы, от региональных особенностей [4]. Например, на локальном уровне в пределах юго-востока Беларуси основными неблагоприятными процессами, вызывающими дигрессивную динамику геосистем, являются ветровая и водная эрозия, подтопление и заболачивание, дигрессия лесных геосистем под влиянием рекреации, пожаров, рубок, загрязнения атмосферы, деградация растительности, обусловленная загрязнением почв и вод, а также вторжения чужеродных видов

растений. На региональном уровне наибольшие территории охвачены такими процессами, как пожары, эрозия, заболачивание и подтопление, радиоактивное загрязнение.

Цель работы — разработка и применение системы индикаторов риска неблагоприятных ландшафтно-экологических процессов на примере юго-востока Беларуси.

Решаемые задачи:

— отбор индикаторов риска неблагоприятных ландшафтно-экологических процессов;

— анализ данных дистанционного зондирования Земли и тематических карт региона;

— оценка риска неблагоприятных ландшафтно-экологических процессов в геосистемах юго-востока Беларуси.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Район исследований — юго-восток Беларуси (рис. 1), представляющий собой восточную часть Полесской ландшафтной провинции (подзона широколиственно-лесных ландшафтов). В пределах территории выделены следующие рода природных ландшафтов (согласно классификации ландшафтов Беларуси [6]) с соответствующей долей в ее общей площади: водно-ледниковые — 35,8%; озерно-аллювиальные — 20,7%; аллювиальные террасированные — 17,3%; пойменные — 8,5%; моренно-зандровые — 8,0%; озерно-болотные — 7,9%; холмисто-моренно-эрозионные — 1,0%; вторично-моренные — 0,7%. На основе доминирующего типа хозяйственной деятельности (сельское хозяйство, лесное хозяйство, рекреация и т.д.) выделены три класса природно-антропогенных ландшафтов (ПАЛ): сельскохозяйственные, сельскохозяйственно-лесные, лесные. В пределах класса по количественным соотношениям земельных угодий (типов геосистем) обособляются подклассы ПАЛ. Классы и подклассы ПАЛ подчиняются принципу зональности и изменяются в зависимости от характера физико-географических условий [6].

Оценка неблагоприятных ландшафтно-экологических процессов основана на рискологическом подходе [7, 8, 9]. Риск рассматривается как мера опасности неблагоприятных ландшафтно-экологических процессов. В качестве риск-индикаторов (т.е. показателей, позволяющих оценить и прогнозировать риск) выступают характеристики процессов, соответствующих масштабу оцениваемых геосистем (занимающих не менее 1% площади). В табл. 1 приведены индикаторы риска неблагоприятных ландшафтно-экологических процессов регионального уровня. Операционная территориальная единица — выдел рода природного ландшафта.

Привязка топографических и тематических карт, их оцифровка, обработка и дешифрирование космических снимков, операции с растрами выполнялись в геоинформационной системе QGIS 3.26.



Рис. 1. Район исследований.

Составлено автором.

Риск пожаров оценивался по удельной площади гарей, образовавшихся за 10 лет (съемка сенсора MODIS спутника Terra продукт MCD64A — растр гарей с пространственным разрешением 250 м). Риск ветровой эрозии определялся по тематическим картам (почвенной, почвенно-эрозионной и растительности), на основе которых выявлялись ареалы сильноэродированных почв и сильнодефляционно-опасных почв (осушенные торфяно-болотные, автоморфные рыхлопесчаные). Оценка риска загрязнения атмосферы проводилась по данным съемки спутника Sentinel-5P с сенсором TROPOMI (TROPOspheric Monitoring Instrument), который измеряет концентрации (общее содержание в вертикальном столбе тропосферы) озона, метана, формальдегида, угарного газа, диоксида серы, диоксида азота. Пространственное разрешение съемки Sentinel-5P составляет 5,5x3,5 км (7x5,5 км – с августа 2019 г.). Данные преобразованы с помощью модуля Sentinel-5P data explorer для QGIS. Удельные площади территорий, подверженных радиоактивному загрязнению, определялись по карте «Радиационная обстановка на территории Гомельской области» (масштаб 1:320000, 2020 г.).

Таблица 1.

Индикаторы риска неблагоприятных ландшафтно-экологических процессов
(региональный уровень)

Процесс	Индикатор	Риск			
		Очень низкий	Низкий	Средний	Высокий
Пожары	Удельная площадь гарей, % за 10 лет (по MOD64A)	<0,5	0,5–1,0	1,0–2,5	>2,5
Дефляция	Удельная площадь сильнодефляционно-опасных почв, %	<1,0	1,0–5,0	5,0–25,0	>25,0
Загрязнения атмосферы	Превышения фоновых содержаний SO ₂ и NO ₂ (по TROPOMI Sentinel-5P)	<1,1	1,1–1,5	1,5–2,5	>2,5
Радиоактивное загрязнение	Удельная площадь загрязнения по цезию-137 (>15 Ки/км ²), %	<1,0	1,0–5,0	5,0–25,0	>25,0
Заболачивание и подтопление	Удельная площадь болот и заболоченных земель, %	1,0	1,0–5,0	5,0–25,0	>25,0

Составлено автором.

Для оценки заболоченных и подтопленных земель были использованы материалы OpenStreetMap (<https://www.openstreetmap.org/>), публичной земельно-информационной карты Беларуси (<http://gismap.by>), карты растительности Беларуси (масштаб 1:600000).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рассмотрим выявленные в ходе исследований особенности неблагоприятных ландшафтно-экологических процессов, распространенных в регионе.

Пожары — это наиболее важный экологический процесс, влияющий на состояние и динамику растительного покрова, лесные ресурсы, биологические разнообразие. Оценка риска пожаров показывает, что наиболее чувствительными к данному фактору являются пойменные ландшафты, что обусловлено взаимодействием антропогенных и климатических факторов, включающих сложившуюся практику весенних палов травянистой растительности, менее строгим (по сравнению с лесным фондом) противопожарными мерами и контролем, уменьшением увлажнения почв в связи быстрым таянием и небольшими объемами снегового покрова, пересыханием пойменных водоемов и болот по причине

ИНДИКАТОРЫ РИСКА НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ
ЛАНДШАФТО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
(НА ПРИМЕРЕ ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ)

снижением водности рек и уровней грунтовых вод. Риск пожаров, обусловленный климатическими изменениями, возрастает также в аллювиальных террасированных ландшафтах. В моренно-зандровых, вторично-моренных и холмисто-моренно-эрозионных ландшафтах повышение риска пожаров определяется сильной фрагментацией лесного покрова и преобладанием в нем сосновых лесов (часто высаженных на бывших сельскохозяйственных землях), подверженных усыханию и рекреационной нагрузке. В аллювиальных террасированных ландшафтах леса I и II класса опасности составляют, как правило, более 50% всего лесного покрова. Наименьший риск пожаров характерен для озерно-аллювиальных и озерно-болотных ландшафтов, в которые сохранились крупные массивы неосушенных мелколиственных (черноольховых и пушистоберезовых) лесов и болот.

Ветровая эрозия (дефляция) — один из характерных для полесских ландшафтов геологических процессов. Распространение дефляции определяется как природными, так и антропогенными факторами. Из природных факторов существенное значение имеет преобладание песков среди поверхностных отложений региона. Наибольший риск ветровой эрозии характерен для осушенных торфяно-болотных и автоморфных рыхлопесчаных почв. Участки с высоким и средним уровнем риска дефляции приурочены к аллювиальным террасированным, озерно-болотным и озерно-аллювиальным ландшафтам, реже к водно-ледниковым ландшафтам.

Содержания поллютантов, определяемые по данным дистанционной съемки TROPOMI, не могут оцениваться с помощью санитарно-гигиенических нормативов (ПДК), поэтому для оценки нами предложен относительный показатель C , определяемый по формуле (1):

$$C = C_i/C_0 \quad (1),$$

где C_i — среднее содержание загрязнителя в пределах i -геосистемы; C_0 — фоновое содержание загрязнителя в регионе. На основе установленных фоновые значения содержаний NO_2 и SO_2 , были рассчитаны значения C для каждого ландшафтного выдела. В пределах региона величина C изменяется от 0,76 до 1,19. В урбогенных геосистемах (город Гомель и его окрестности) C составляет 1,11–1,19. Западнее реки Днепр $C > 1$ зафиксировано только в одном ландшафтном выделе, в котором расположен город Светлогорск (центр химической промышленности). В целом, низкий риск отмечается на 19,7% территории, очень низкий риск — на 80,3% территории.

Радиоактивное загрязнение в регионе обусловлено аварией на Чернобыльской АЭС. Зоны загрязнения свыше по цезию-137 (>15 Ки/км²) находятся в южной и восточной частях региона. Радиоактивное загрязнение в основном затрагивает аллювиальные террасированные, водно-ледниковые, моренно-зандровые и пойменные (поймы Днепра, Припяти, Сожа) ландшафты.

Заболачивание — широко распространенный в полесских ландшафтах процесс. Однако, в связи с осушительной мелиорацией площади болот и заболоченных земель снизились в 10–20 раз в зависимости от рода ландшафта. Наибольшая удельная площадь болот в настоящее время характерна для озерно-болотных ландшафтов, в пределах которых находятся особо охраняемые природные территории (национальный парк «Припятский», ботанические и ландшафтные заказники).

Оценка риска неблагоприятных ландшафтно-экологических процессов по родам ландшафтов приведена в табл. 2 и на рис. 2. Холмисто-моренно-эрозионный и вторично-моренный ландшафты (наиболее трансформированные антропогенной деятельностью) характеризуются соответственно низким и очень низким риском неблагоприятных ландшафтно-экологических процессов. Все выделы моренно-зандрового ландшафта характеризуются низким риском. Наибольшие проблемы здесь связаны с развитием ветровой эрозии и радиационным загрязнением. Водно-ледниковый ландшафт, представленный более разнообразными как по природным, так и по антропогенным условиям выделами, характеризуется на значительной части территории очень низким (47,7%) и низким (40,7%), а 11,6% его площади — средним уровнем риска неблагоприятных ландшафтно-экологических процессов. Наибольший вклад здесь вносят ветровая эрозия и пожары. В аллювиальном террасированном ландшафте преобладают выделы, имеющие средний риск неблагоприятных процессов (69,9% от общей площади). Наибольший риск здесь характерен для пожаров, радиационного загрязнения и ветровой эрозии. В озерно-аллювиальном ландшафте доминируют выделы с низким риском неблагоприятных процессов, среди которых ведущее положение занимает ветровая эрозия (для 26,7% площади характерен средний риск данного процесса).

Таблица 2.

Оценка риска неблагоприятных ландшафтно-экологических процессов по родам ландшафтов (в % от общей площади рода)

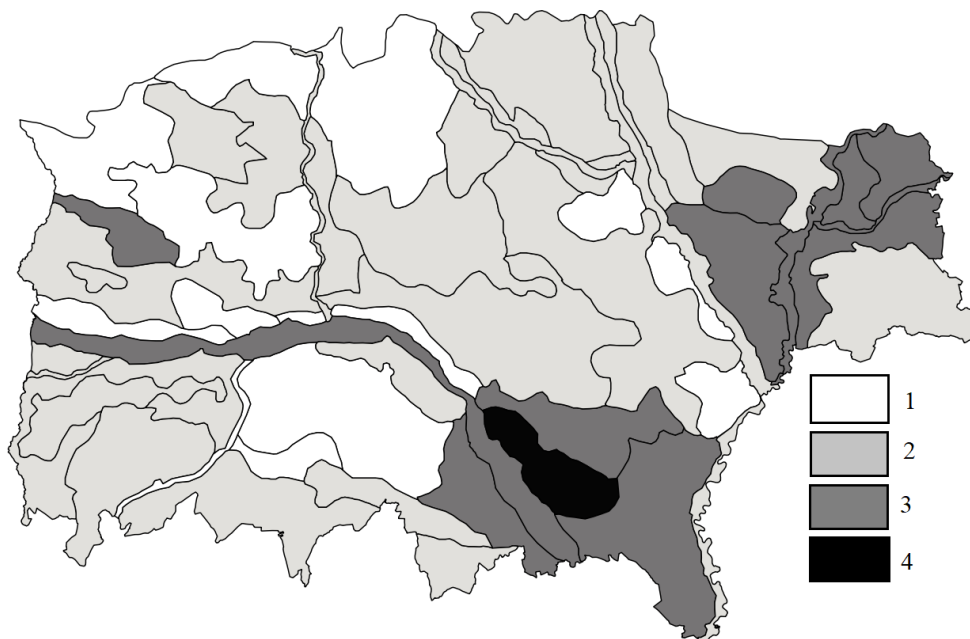
Род ландшафта	Риск			
	Очень низкий	Низкий	Средний	Высокий
Холмисто-моренно-эрозионный	0,0	100,0	0,0	0,0
Вторично-моренный	100,0	0,0	0,0	0,0
Моренно-зандровый	0,0	100,0	0,0	0,0
Водно-ледниковый	47,7	40,7	11,6	0,0
Аллювиальный террасированный	10,8	19,3	69,9	0,0
Озерно-аллювиальный	12,1	87,9	0,0	0,0
Озерно-болотный	3,7	55,1	15,5	25,7
Пойменный	4,6	33,0	62,4	0,0

Составлено автором.

В озерно-болотном ландшафте представлены выделы со всеми категориями риска — от очень низкого до высокого. Только в этом ландшафте отмечен выдел с высоким риском неблагоприятных процессов (занимает 25,7% площади рода). Ведущими процессами являются заболачивание (характерно для охраняемых территорий — Национальный парк «Припятский», район озера Червоное) и ветровая эрозия (приурочена к осушенным болотам, которые используются в сельском хозяйстве). Пойменный ландшафт характеризуется преобладанием выделов со средним риском неблагоприятных процессов (62,4% площади). Наибольший вклад

ИНДИКАТОРЫ РИСКА НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ
ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
(НА ПРИМЕРЕ ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ)

здесь вносят пожары и радиационное загрязнение (значительная часть пойм Припяти, Днестра и Сожа).



Уровень риска: 1 — очень низкий; 2 — низкий; 3 — средний; 4 — высокий

Рис. 2. Риск неблагоприятных ландшафтно-экологических процессов.

Составлено автором.

Таким образом, наибольший риск неблагоприятных процессов характерен для озерно-болотного, аллювиального террасированного и пойменного ландшафтов, наименьший — для холмисто-моренно-эрозионного и вторично-моренного ландшафтов.

В целом на территории региона преобладают ландшафты с очень низким и низким риском неблагоприятных процессов (соответственно 24,9 и 52,0%). На ландшафты со средним риском приходится 21,4%, а на ландшафты с высоким риском — только 1,7% площади.

Оценка риска по классам ПАЛ показывает, что в сельскохозяйственных ПАЛ преобладают территории с низким (58,2%) и средним (34,1%) риском (табл. 3). Наибольший вклад приходится на пожары, радиационное загрязнение и ветровую эрозию. В сельскохозяйственно-лесных ПАЛ представлены все категории риска с преобладанием территорий с низким риском (45,8%). Наибольшее значение здесь также имеют пожары, ветровая эрозия и радиационное загрязнение. Территории с низким риском резко доминируют (89,0%) в лесных ПАЛ. В спектре процессов наибольшую роль играют пожары и заболачивание.

Таблица 3.

Оценка риска неблагоприятных ландшафтно-экологических процессов в ПАЛ (в % от общей площади класса)

Класс ПАЛ	Риск			
	Очень низкий	Низкий	Средний	Высокий
Сельскохозяйственный	7,7	58,2	34,1	0,0
Сельскохозяйственно-лесной	29,2	45,8	22,8	2,2
Лесной	9,2	89,0	1,8	0,0
Весь регион	24,9	52,0	21,4	1,7

Составлено автором.

Из полученных результатов видно, что состав преобладающих негативных процессов и их риск в значительной степени связан как с особенностями хозяйственного использования (классы ПАЛ), так и с особенностями природной подсистемы (рода ландшафтов). При этом в некоторых случаях устойчивость природной подсистемы к антропогенному воздействию играет ведущую роль. Так, в холмисто-моренно-эрозионном и вторично-моренной ландшафтах (наиболее устойчивые к антропогенному воздействию) риск неблагоприятных процессов минимален, несмотря на их интенсивное хозяйственное освоение. В аллювиальном террасированном и озерно-болотном ландшафтах (наименее устойчивые к антропогенному воздействию) риск неблагоприятных процессов максимален, что обусловлено провоцированием их антропогенными факторами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на основе выполненной оценки риска неблагоприятных ландшафтно-экологических процессов на территории юго-востока Беларуси установлено:

— характерными для региона негативными ландшафтно-экологическими процессами являются пожары, дефляция, загрязнение атмосферы, радиоактивное загрязнение, заболачивание и подтопление;

— наибольший риск неблагоприятных процессов характерен для озерно-болотного, аллювиального террасированного и пойменного ландшафтов, наименьший — для холмисто-моренно-эрозионного и вторично-моренного ландшафтов.

— на территории региона преобладают ландшафты с очень низким и низким риском неблагоприятных процессов (соответственно 24,9 и 52,0%), на ландшафты со средним риском приходится 21,4%, а на ландшафты с высоким риском — только 1,7% площади.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследования выполнены при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект № Х23КИ-022).

ИНДИКАТОРЫ РИСКА НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ
ЛАНДШАФТО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
(НА ПРИМЕРЕ ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ)

Список литературы

1. Гусев А.П. Индикаторы ландшафтно-экологических тенденций (на примере Восточной части Белорусского Полесья) // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. География. Геоэкология. 2018. №2. С.28–33.
2. 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.
3. Гусев А.П. Фитоиндикационная оценка современных ландшафтно-экологических тенденций в геосистемах локального уровня // Российский журнал прикладной экологии. 2021. №3. С. 4–10.
4. Виноградов Б.В. Основы ландшафтной экологии. М.: ГЕОС, 1998. 418 с.
5. Васильев С.В. Воздействие нефтегазодобывающей промышленности на лесные и болотные экосистемы Среднего Приобья. – Новосибирск: Наука, 1998. 136 с.
6. Марцинкевич Г.И. Ландшафтоведение. Минск.: БГУ, 2007. 206 с.
7. Мячина К.В. Анализ региональных экологических рисков // География и природные ресурсы. 2012. №2. С. 129–135.
8. Дмитриев В.Г. Оценка экологического риска. Аналитический обзор публикаций // Арктика и Север. 2014. №14. С. 126–147.
9. Карпенко Н.П. Структура и оценка геоэкологических рисков // Природообустройство. 2009. №3. С. 45–50.

**RISK INDICATORS OF ADVERSE LANDSCAPE-ECOLOGICAL PROCESSES
(ON THE EXAMPLE OF THE SOUTH-EAST OF BELARUS)**

Gusev A. P.

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

The purpose of the work is the development and application of a system of indicators of the risk of adverse landscape-ecological processes on the example of the south-east of Belarus. Tasks to be solved: selection of risk indicators for unfavorable landscape and ecological processes; analysis of Earth remote sensing data and thematic maps of the region; assessment of the risk of adverse landscape-ecological processes in the geosystems of the south-east of Belarus. An operational territorial unit is a division of a species of natural landscape.

The system of indicators includes the following indicators: specific area of burnt areas, % for 10 years according to MOD64A (fire indicator); specific area of highly deflationary hazardous soils in % (deflation indicator); excess of SO₂ and NO₂ background levels according to TROPOMI Sentinel-5P (atmospheric pollution indicator); specific area of radioactive contamination by cesium-137 > 15 Ku/km² in % (indicator of radioactive contamination); specific area of marshes and wetlands in % (indicator of swamping and flooding).

A system for assessing risk indicators has been developed. The risk assessment of the processes typical for the region — fires, deflation, atmospheric pollution, radioactive contamination, swamping and flooding was carried out.

Hill-morainic-erosion landscapes, secondary-moraine landscapes, moraine-zandr landscapes (the most transformed by anthropogenic activity) are characterized by a

correspondingly low and very low risk of adverse landscape-ecological processes. The greatest problems here are associated with the development of wind erosion and radiation pollution. The water-glacial landscape in a significant part of the territory is characterized by a very low (47,7%) and low (40,7%), and 11,6% of its area is characterized by an average level of risk. Wind erosion and fires make the greatest contribution here. The alluvial terraced landscape is dominated by sections with an average risk of adverse processes (69,9% of the total area). The greatest risk here is typical for fires, radiation pollution and wind erosion. The lacustrine-alluvial landscape is dominated by sections with a low risk of adverse processes, among which wind erosion occupies a leading position. In the lacustrine-swamp landscape there are sections with all risk categories - from very low to high. There is a section with a high risk of adverse processes (25,7% of the area). The leading processes are swamping and wind erosion (timed with drained swamps used in agriculture). The floodplain landscape is characterized by the predominance of sections with an average risk of adverse processes (62,4% of the area). The greatest contribution here is made by fires and radiation pollution.

It has been established that the greatest risk of unfavorable processes is typical for lacustrine-swamp, alluvial terraced and floodplain landscapes, the least - for hill-moraine-erosion and secondary-moraine landscapes. The territory of the region is dominated by landscapes with a very low and low risk of adverse processes (24,9 and 52,0%, respectively), landscapes with an average risk account for 21,4%, and landscapes with a high risk — only 1,7% of the area.

Risk assessment by classes of natural-anthropogenic landscapes shows that areas with low (58,2%) and medium (34,1%) risk prevail in agricultural landscape. The largest contribution is made by fires, radiation pollution and wind erosion. In agricultural-forest landscapes, all risk categories are represented, with a predominance of low-risk areas (45,8%). Fires, wind erosion and radiation pollution are also of the greatest importance here. Territories with low risk dominate sharply (89,0%) in forest landscapes. Fires and swamping play the greatest role in the spectrum of processes.

Keywords: natural-anthropogenic landscapes, risk, indicator, adverse landscape-ecological processes, south-east of Belarus.

References

1. Gusev A.P. Indikatory landshaftno-ekologicheskikh tendentsiy (na primere Vostochnoy chasti Belorusskogo Poles'ya) (Indicators of landscape-ecological trends (on the example of the Eastern part of Belarusian Polissya)). Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya. Geografiya. Geoekologiya, 2018, no 2, pp. 28–33 (in Russian).
2. Gusev A.P. Distantionnyye indikatory landshaftno-ekologicheskikh tendentsiy (na primere yugo-vostoka Belarusi) (Remote indicators of landscape-ecological trends (on the example of the south-east of Belarus)), Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Series: Geografiya. Geologiya, 2019, t. 5 (71), no 3, pp. 127–135 (in Russian).
3. Gusev A.P. Fitoindikatsionnaya otsenka sovremennykh landshaftno-ekologicheskikh tendentsiy v geosistemakh lokal'nogo urovnya (Phytoindication assessment of modern landscape-ecological trends in geosystems of the local level), Rossiyskiy zhurnal prikladnoy ekologii, 2021, no 3, pp. 4–10 (in Russian)
4. Vinogradov B.V. Osnovy landshaftnoy ekologii (Fundamentals of landscape ecology). Ed. Moscow: GEOS (publ.), 1998, 418 p. (in Russian).

ИНДИКАТОРЫ РИСКА НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ
ЛАНДШАФТО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
(НА ПРИМЕРЕ ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ)

5. Vasiliev S.V. Vozdeystviye neftegazodobyvayushchey promyshlennosti na lesnyye i bolotnyye ekosistemy Srednego Priob'ya (The impact of the oil and gas industry on the forest and swamp ecosystems of the Middle Ob region). Ed. Novosibirsk: Nauka (publ.), 1998, 136 p. (in Russian).
6. Martsinkevich G.I. Landshaftovedeniye (Landscape Science). Ed. Minsk: BGU (Publ.), 2007, 206 p. (in Russian).
7. Myachina K.V. Analiz regional'nykh ekologicheskikh riskov (Analysis of regional environmental risks), Geografiya i prirodnyye resursy, 2012, no 2, pp. 129–135 (in Russian).
8. Dmitriev V.G. Otsenka ekologicheskogo riska. Analiticheskiy obzor publikatsiy (Environmental risk assessment. Analytical review of publications), Arktika i Sever, 2014, no 4, pp. 126–147 (in Russian).
9. Karpenko N.P. Struktura i otsenka geoekologicheskikh riskov (Structure and assessment of geoecological risks), Prirodoobustroystvo, 2009, no 3, pp. 45–50 (in Russian).

Поступила в редакцию 23.03.2023 г.