

УДК 630*1

Т. Н. Чешко

Университет гражданской защиты МЧС Республики Беларусь

**ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ
КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

Построение рациональной системы управления рисками чрезвычайных ситуаций природного характера обязательным элементом предполагает специальную оценку устойчивости лесных экосистем к внешним воздействиям. Устойчивость экосистем представляет собой способность сохранять равновесие под воздействием внешних факторов, другими словами, преодолевать перемены без нарушения основных свойств. Устойчивость лесных экосистем анализируется в разрезе основных лесообразующих пород, подвергающихся воздействию природных и антропогенных факторов. Природные факторы воздействия охватывают климатические, которые вызывают изменения лесорастительных условий в результате изменения температурно-влажностных характеристик. Антропогенные факторы разнообразны и включают рубку леса, осушение, рекреацию, а также лесные пожары. Выделены группы факторов, влияющих на устойчивость лесных пород, приводящих к дефолиации, повреждению и гибели деревьев. Впервые предложена балльная шкала устойчивости основных лесообразующих пород, которая построена на основании использования метода статистической обработки информации, а также метода экспертных оценок.

На основании проведенного анализа выявили, что наименее устойчивыми выступают хвойные породы, а именно ель и сосна, среди лиственных пород озабоченность вызывает состояние дуба и березы. Предложенный подход выступает структурным элементом методики оценки устойчивости лесных экосистем к возникновению чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: лесная экосистема, лесообразующая порода, устойчивость, метод экспертной оценки, градация устойчивости.

Для цитирования: Чешко Т. Н. Оценка устойчивости лесных экосистем как инструмент управления рисками чрезвычайных ситуаций в лесном хозяйстве // Труды БГТУ. Сер. 5, Экономика и управление, 2024. № 1 (280). С. 105–113.

DOI: 10.52065/2520-6877-2024-280-13.

T. N. CheshkoUniversity of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations
of the Republic of Belarus**ASSESSING THE SUSTAINABILITY OF FOREST ECOSYSTEMS AS A TOOL
FOR MANAGING THE RISKS OF EMERGENCY SITUATIONS IN FORESTRY**

Building a rational risk management system for natural emergencies requires a special assessment of the resilience of forest ecosystems to external influences. The stability of ecosystems is the ability to maintain balance under the influence of external factors, in other words, to overcome changes without disturbing basic properties. The sustainability of forest ecosystems is analyzed in terms of the main forest-forming species exposed to natural and anthropogenic factors.

Natural influencing factors include climatic ones, which cause changes in forest conditions as a result of changes in temperature and humidity characteristics. Anthropogenic factors are varied and include logging, drainage, recreation, and forest fires. Groups of factors influencing the stability of forest species, leading to defoliation, damage and death of trees, have been identified.

For the first time, a point scale for the sustainability of the main forest-forming species has been proposed, which is based on the use of the method of statistical information processing, as well as the method of expert assessments. Based on the analysis, it was revealed that the least resistant species are coniferous species, namely spruce and pine. Among deciduous species, the condition of oak and birch is of concern. The proposed approach is a structural element of the methodology for assessing the resistance of forest ecosystems to the occurrence of emergency situations.

Keywords: forest ecosystem, forest-forming species, sustainability, expert assessment method, gradation of sustainability.

For citation: Cheshko T. N. Assessing the sustainability of forest ecosystems as a tool for managing the risks of emergency situations in forestry. *Proceedings of BSTU, issue 5, Economics and Management*, 2024, no. 1 (280), pp. 105–113 (In Russian).

DOI: 10.52065/2520-6877-2024-280-13.

Введение. Важным элементом системы управления рисками чрезвычайных ситуаций выступают оценка риска, направленная на его уменьшение до приемлемого уровня, идентификация опасностей, а также определение допустимого уровня риска. Приоритетной задачей в реализации Сендайской рамочной программы по снижению риска бедствий на 2015–2030 гг. являются вопросы идентификации опасностей, которая представляет собой процесс выявления, распознавания и описания опасностей и включает идентификацию источника опасности, непосредственно предшествующего чрезвычайной ситуации, событий, их причин и возможных последствий.

Риски природного характера связаны с проявлением природной стихии, климатических и метеорологических факторов, движениями земной коры, а также с антропогенной деятельностью.

Построение рациональной системы управления рисками чрезвычайных ситуаций природного характера невозможно без специальной оценки устойчивости рассматриваемых объектов к внешним воздействиям.

В статье предлагается методический подход к оценке устойчивости лесных экосистем, основанный на информации о степени влияния природных и антропогенных факторов на их состояние с использованием экспертных оценок специалистов лесного хозяйства.

Основная часть. Категория устойчивости применительно к лесным сообществам берет свое начало в XIX в. Однако теоретические исследования (Ю. Одум (1986 г.), Ф. Клементс (1932 г.), В. Н. Сукачев (1972 г.), Г. Селлек (1960 г.)), связанные с выяснением сущности данного понятия, находились на начальной стадии. На данном этапе исследовали качественные характеристики лесных сообществ (сложное строение леса, естественное возобновление, наличие всех ценологических структур (Г. Ф. Морозов (1970 г.)), но не определяли категорию устойчивости как таковую. Новый акцент в понимании устойчивости лесных сообществ внес академик Сукачев В. Н. Он дал следующее определение: «способность сохранять состав и строй в течение продолжительного времени». В последующих работах развиваются остальные аспекты категории устойчивости. Так, А. С. Рожков предлагает остановиться на следующем определении устойчивости: внутренне присущая системе способность выдерживать изменение, вызванное извне, или восстанавливаться после него [1].

Более приближенную к описанию объекта характеристику устойчивости (как стабильности гомеостаза) приводит В. А. Быков (1983 г.), который оперирует такими понятиями, как сложная структура, высокая степень замкнутости, большая информативность.

Демаков Ю. П. дает следующее определение устойчивости: главное, определяющее свойство биологических систем, характеризующее их способность к сохранению в нестабильной среде неограниченно долгое время важнейших черт своей структуры, приобретенных в результате длительной самоорганизации и естественного отбора [2].

М. Г. Романовский (2002 г.) предлагает рассматривать такие критерии устойчивости, как время, необходимое для восстановления системы, скорость наблюдаемых изменений, вероятность разрушения системы, долговечность системы.

Таким образом, резюмируя вышесказанное, приходим к выводу, что под устойчивостью экосистем следует понимать способность сохранять равновесие. Если экосистема быстро выходит из состояния равновесия под действием внешних факторов, допустимо говорить, что она обладает низкой устойчивостью.

Устойчивость – это самое важное свойство биологической системы, которое выражается, в том числе, возможностью стойко преодолевать перемены без нарушения основных свойств. Экосистема является более устойчивой к внешним факторам благодаря высокому видовому богатству.

С позиции управления экологическими рисками возникает необходимость в обладании информацией о степени устойчивости лесных экосистем к воздействию на них факторов (природных и антропогенных) и признаках, характеризующих это воздействие. К природным факторам воздействия относят климатические, которые вызывают изменения лесорастительных условий в результате воздействия температуры, влажности воздуха и т. п.

Антропогенные факторы по своей природе разнообразны: рубка леса, осушение, рекреация, искусственное лесовосстановление, лесные пожары.

А. А. Рожков (1989 г.) анализирует следующие факторы, влияющие на устойчивость лесных экосистем: засухи, избыточное увлажнение почв, низкие температуры, твердые осадки, влияние ветра; лесохозяйственная деятельность (семена, породный состав, бедность почв, густота и смешение пород, рубки и пр.).

В. Г. Стороженко (2007 г.) предлагает шкалу градации устойчивости лесных экосистем, которая учитывает следующие составляющие: происхождение, строение, усыхание (отмирание) крон деревьев, присутствие очагов болезней и объемы древесного отпада, рекреационная дегрессия, захламленность территорий. Предложена следующая градация лесных биогеоценозов по показателю устойчивости: абсолютно-устойчивые сообщества, устойчивые сообщества, относительно устойчивые сообщества, неустойчивые сообщества, абсолютно неустойчивые сообщества.

Ранее автором осуществлен анализ [3–11] влияния климатических изменений на частоту возникновения чрезвычайных ситуаций природного характера. На основании проведенного анализа возможно предположить, что изменение климата выступает причиной ряда негативных последствий, в том числе и для Республики Беларусь – увеличение числа природных катастроф, что, в свою очередь, приводит к повышению уровня наносимого ими ущерба.

Статистические данные показывают [12], что за 2013–2019 гг. наибольшее неблагоприятное воздействие на лесные насаждения оказывали погодные условия (84,9%), лесные пожары (5,7%), а также возрастающие в последнее время болезни леса (8,5%). Кроме того, на устойчивость природных экосистем негативно влияют усыхание и повреждение вредителями лесных насаждений.

Гибель леса обуславливается также действием стволовых вредителей (короед, короед-стенограф). Отмечено, что в 2017–2018 гг. количество лесных насаждений, поврежденных стволовыми вредителями, превышает среднее значение в десятки раз (данные по наличию очагов вредителей и болезней лесов по Республике за 2013–2019 гг.) [4].

Причинами возникновения лесных пожаров являются антропогенный фактор, природный фактор и трансграничный пожар. Подавляющее большинство лесных пожаров происходит в результате воздействия антропогенных факторов (поджог) (96,7%), при этом естественные причины (3,3%) и трансграничный пожар (0,6%) также имеют место, однако в значительно меньшем количестве [5]. Так, например, причиной пожа-

ров 2018–2020 гг. в лесном фонде по Брестской области явились трансграничные пожары с территории Украины (в количестве 15).

Наблюдаются опасные гидрометеорологические явления, возрастает количество неблагоприятных изменений погоды, что в совокупности приводит к увеличению площадей потенциально опасных лесов, повышению пожарной опасности в лесах и на торфяных болотах, росту распространения вредителей и болезней леса, а это в свою очередь повышает частоту и интенсивность возникновения лесных пожаров, массовое размножение вредителей и распространение болезней леса, проявление ветровалов и буреломов в лесах. Природные рискованные события выступают важной проблемой в лесном хозяйстве, причем вероятность наступления последних в связи с климатическим фактором возрастает.

В качестве признаков негативного воздействия внешних (природных и антропогенных) факторов на устойчивость экосистемы выступают следующие ее характеристики:

- дефолиация деревьев;
- повреждение деревьев;
- гибель деревьев.

Практика свидетельствует о том, что устойчивость лесных экосистем определяется физиологическими и физическими свойствами деревьев, классом дефолиации, степенью повреждения, их гибелью.

На основании изученной литературы [13, 18–21] определены факторы воздействия на устойчивость лесных пород, влекущие дефолиацию, повреждение, а также гибель деревьев (рисунок).



Факторы и признаки воздействия на устойчивость древесных пород

Представленный рисунок выражает структурную характеристику устойчивости лесных экосистем, обусловленную природными и антропогенными факторами, а также признаки воздействия этих факторов на состояние лесных экосистем.

Проблемный вопрос: содержание оценки устойчивости лесных экосистем, ее главные цели. Оценка устойчивости лесных экосистем выражает степень влияния факторов, негативно воздействующих на ее продуцирование.

Международной программой по мониторингу и оценке влияния воздушного загрязнения леса (ICP Forests) определена следующая классификация деревьев по степени дефолиации:

- 1) 0–10% – здоровые деревья;
- 2) 15–25% – деревья ослабленные;
- 3) более 25% – поврежденные деревья.

На основании источника [14] проведен анализ дефолиации в разрезе основных лесообразующих пород: хвойные (сосна, ель), твердолиственные (дуб), мягколиственные (береза, ольха, осина). Распределение деревьев по классам дефолиации представлено в табл. 1.

При сравнении пород отмечено, что лиственные имеют меньший средний процент дефолиации, чем хвойные. При этом важно сказать, что у мягколиственных пород по сравнению с твердолиственными меньший средний процент дефолиации, особой устойчивостью отмечены ольха черная (14,7%), также осина (16,9%) и береза (17,3%); твердолиственные породы отличается наибольшая подверженность повреждениям (так, степень дефолиации дуба составляет 22,1%).

Возможно предположить, что климатические изменения в разрезе температурно-влажностных характеристик напрямую влияют на степень дефолиации деревьев. Так, повышение среднегодовой температуры, также как и сокращение количества осадков влечет к увеличению «засушливых» периодов, что вызывает снижение

энтомоустойчивости деревьев – существенно увеличивается число вредителей леса, а это приводит к усыханию деревьев и увеличению доли вынужденно вырубаемых единиц леса.

Осуществляя анализ устойчивости основных лесообразующих пород, важно различать понятия «повреждения» и «гибель» деревьев, происходящие в результате воздействия природных и антропогенных факторов.

Выполним анализ устойчивости к воздействию факторов, вызывающих повреждение деревьев. Под повреждением понимается нарушение нормального продуцирования деревьев и их качественных характеристик вследствие воздействия насекомых, грибов, условий погоды и иных факторов. В табл. 2 представлено процентное распределение деревьев с наличием повреждений (по группам повреждающих факторов) [14].

Основной причиной повреждения древесных пород являются фитовредители (4,2% – это максимальная доля из всех групп повреждающих факторов). Чаще всего фитогенными грибами поражены осина (18,6%) и дуб (18,1%).

Вторую группу поражающих факторов составляют механические повреждения (2,1%). Значительно подвержены их воздействию береза (3,2%), а также ель и сосна (2,4% и 2,1%, соответственно).

Повреждения лиственных пород насекомыми наиболее часто прослеживаются у дуба (6,2% – дубовый блошак), хвойные породы в наименьшей степени подвержены воздействию насекомых.

В разрезе всех групп воздействия наиболее повреждаемой породой является дуб (с процентом повреждения 32,8% вследствие повреждения насекомыми и грибными болезнями), осина (23,1% вследствие подверженности грибным болезням), также ель (13,3% – отмечается воздействие практически всех выделенных групп – насекомые, грибные болезни, ветер, климатические изменения, ранения, пр.).

Таблица 1

**Распределение деревьев по классам дефолиации
(по данным Главного информационно-аналитического центра
Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь)**

Процентная доля деревьев по классам дефолиации, %	Хвойные породы		Твердолиственные породы	Мягколиственные породы		
	сосна	ель	дуб	береза	ольха черная	осина
0–10 – нет дефолиации	25,2	26,9	11,8	33,9	48,5	38,7
15–20 – незначительная	63,1	63,8	61,3	55,6	45,0	50,2
30–60 – умеренная	10,7	5,6	25,8	9,3	5,7	10,1
65–95 – сильная	0,6	0,3	1,1	0,3	0,0	0,5
100 – усохшие	0,4	3,4	0,0	0,9	0,8	0,5
Средний процент дефолиации	18,4	19,7	22,1	17,3	14,7	16,9
Средний процент по группам	19,05		22,1	16,3		
	19,2			19,1		

Таблица 2

**Процентное распределение деревьев с наличием повреждений по группам негативных факторов
(по данным Главного информационно-аналитического центра Национальной системы
мониторинга окружающей среды Республики Беларусь)**

Повреждающий фактор	Порода						
	сосна	ель	дуб	береза	осина	ольха черная	все породы
Энтомовредители (насекомые)	0,2	0,3	6,2	–	2,9	3,7	0,7
Фитовредители (грибные болезни)	2,6	5,5	18,1	2,4	18,6	2,3	4,2
Повреждения ветром	0,2	0,6	–	0,9	0,3	–	0,3
Климатические	0,5	1,0	0,6	0,7	0,3	3,1	0,7
Механические (ранения)	2,4	2,1	0,5	3,2	–	–	2,1
Пожары	–	–	0,6	0,1	–	–	–
Прочие (в том числе неустановленные причины)	0,7	3,8	6,8	2,1	1,0	–	1,4
Всего	6,6	13,3	32,8	9,4	23,1	9,1	9,4

Следующим этапом стал анализ гибели основных лесообразующих пород в разрезе групп повреждающих факторов, результаты которого представлены в табл. 3.

Значительная доля гибели наблюдается вследствие механических повреждений, ветровалов, появление которых связано с климатическими изменениями. В группу поврежденных деревьев следует относить деревья, вырубленные при осуществлении санитарно-оздоровительных мероприятий, как следствие повреждения деревьев природными факторами – стволовые вредители, абиотические факторы. При этом в зону санитарно-оздоровительных мероприятий попали сосна (0,8%), ель (1,2%) и береза (0,2%). Наиболее подверженными воздействию ветра оказались осина (0,5%) и ель (0,4%).

Существенные повреждения оказывают болезни, при этом гибель деревьев от них вызвана в основном грибными заболеваниями, реже – бактериальными и вирусными. Вследствие жизнедеятельности насекомых погибают ель (3,2%), а также сосна (0,2%).

Для формирования системы управления рисками чрезвычайных ситуаций в лесном хозяйстве, важно определиться с методом, который позволял бы хотя бы в первом приближении дать интегрированную оценку устойчивости лесных экосистем в разрезе основных лесообразующих пород [15].

В данной работе предлагается метод экспертных оценок, основанный на опыте специалистов лесного хозяйства. Экспертная оценка строится на основе определения влияния того или иного фактора на состояние лесообразующей породы и экосистемы в целом.

Экспертное оценивание [16] – процедура получения оценки проблемы на основе мнения специалистов с целью последующего принятия решения. Сущность методов экспертных оценок заключается в том, что в основу прогноза за-

кладывается мнение специалиста или коллектива специалистов, базирующееся на профессиональном, научном и практическом опыте.

Государственным учреждением образования «Университет гражданской защиты МЧС Республики Беларусь» в мае – июне 2022 г. проведено анкетирование по направлению анализа устойчивости лесных экосистем к факторам воздействия.

В анкетировании приняли участие 79 лесохозяйственных организаций, находящихся в подчинении Министерства лесного хозяйства, а также Государственное природоохранное научно-исследовательское учреждение «Полесский государственный радиационно-экологический заповедник», находящееся в подчинении Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды. Анкета представлена в четырех частях:

Часть 1. Анализ устойчивости основных лесообразующих пород по признаку дефолиации.

Часть 2. Анализ устойчивости основных лесообразующих пород с позиции воздействия природных и антропогенных факторов, повлекших повреждение деревьев.

Часть 3. Анализ устойчивости основных лесообразующих пород с позиции воздействия природных и антропогенных факторов, повлекших гибель деревьев.

Часть 4. Статистическая информация (сведения о погибших лесных насаждениях; сведения о количестве лесных пожаров и причинах их возникновения; анализ ущерба, нанесенного лесными пожарами, и расходов, связанных с тушением и ликвидацией последствий).

На базе оценок экспертов получена обобщенная информация и сформировано решение, заданное целью экспертизы. При обработке индивидуальных оценок использованы методы математической статистики (результатом стало формирование обобщенной оценки), определены относительные веса объектов.

Таблица 3

**Процентное распределение погибших деревьев по группам факторов воздействия
(по данным Главного информационно-аналитического центра Национальной системы
мониторинга окружающей среды Республики Беларусь)**

Группы повреждающих факторов	Порода						
	сосна	ель	дуб	береза	осина	ольха черная	все породы
Энтомовредители (насекомые)	0,2	3,2	–	–	–	–	0,4
Фитовредители (грибные болезни)	0,1		–	–	0,5	–	0,1
Повреждения ветром	0,1	0,4	–	0,3	0,5	0,3	0,2
Климатические	0,1		–			0,5	0,1
Механические (рубка)	0,8	1,2	–	0,2	–		0,6
Прочие (в том числе причины не установлены)	0,1	0,2	–	0,9	–	0,3	0,2
Всего	1,4	5,0	–	1,4	1	1,1	1,6

Шкала градации устойчивости основных лесобразующих пород построена на основании сочетания статистической информации, которая представлена выше в настоящей работе, а также обработки результатов анкетирования (мнений экспертов) методом корреляционно-регрессионного анализа. Результатом является следующая балльная шкала градации устойчивости:

- 1 – наименьшая устойчивость к фактору воздействия;
- 2 – слабая устойчивость к фактору воздействия;
- 3 – достаточная устойчивость к фактору воздействия;
- 4 – высокая устойчивость к фактору воздействия.

Результаты экспертной оценки отобразим в табл. 4.

Опираясь на проведенную экспертную оценку устойчивости древостоев в разрезе основных лесобразующих пород, определили, что наименьшей устойчивостью к рассмотренным факторам воздействия обладает ель, для которой количество позиций, обозначающих наименьшую степень устойчивости к фактору воздействия (1, 2), составляет максимальное количество в разрезе рассмотренных пород. Удельный вес еловых насаждений, «поврежденных» по признаку дефолиации (т. е. средняя степень дефолиации 25%), отмечен на уровне 14% еловых насаждений.

Таблица 4

**Результаты экспертной оценки устойчивости деревьев
в разрезе основных лесобразующих пород**

Фактор воздействия	Порода					
	сосна	ель	дуб	береза	осина	ольха черная
Степень дефолиации						
Согласно среднему проценту дефолиации	2	2	1	3	4	4
Степень повреждения						
Энтомовредители (насекомые)	2	1	1	4	4	4
Фитовредители (грибные болезни)	3	2	1	3	1	4
Повреждения ветром	2	1	4	1	4	4
Климатические	2	1	4	1	3	3
Механические (ранения)	1	1	4	1	4	4
Химические	4	4	4	4	4	4
Пожары	3	3	1	1	3	3
Прочие	3	2	1	3	3	4
Степень гибели						
Энтомовредители (насекомые)	2	1	4	3	4	4
Фитовредители (грибные болезни)	3	4	4	3	4	4
Повреждения ветром	3	1	2	3	1	4
Климатические	4	4	4	2	4	4
Механические (рубка)	1	1	4	4	2	4
Прочие	4	4	4	4	4	4
Сумма позиций с наименьшими показателями устойчивости (1, 2)	7	10	6	5	3	–

В. В. Усенья при изучении динамики усыхания хвойных насаждений [17] обозначил, что наибольшие площади усохших хвойных насаждений сконцентрированы в подзоне широколиственно-сосновых лесов, что составляет около 48% от общей площади по Минлесхозу, доля сосняков при этом – 67%. В разрезе возрастной структуры наиболее подвержены усыханиям средневозрастные и приспевающие древостои (60%) искусственного происхождения.

Основными причинами неудовлетворительного состояния еловых насаждений являются воздействие климатических изменений, а также гибель от энтомовредителей. Гибель обусловлена главным образом стволовыми вредителями и рубкой деревьев, которые усохли. Следует отметить, что ель наименее устойчива к воздействию экстремальных погодных условий. Анализ показывает, что хвойные насаждения обладают наименьшей устойчивостью к факторам воздействия, наиболее уязвимой выступает ель, следующей идет сосна. Так, сосна, для которой количество позиций, обозначающих наименьшую степень устойчивости к фактору воздействия (1, 2), определено как 7, также характеризуется наименьшей устойчивостью. Состояние сосны считается неудовлетворительным по признаку дефолиации с показателями дефолиации более 25%.

Значительная часть сухостойных деревьев вырублена в результате санитарно-оздоровительных мероприятий, при этом почти все срубленные деревья произрастали в насаждениях, поврежденных вредителями и болезнями. Поражение стволовыми вредителями наблюдается преимущественно на освещенных участках, опушках, у просек, в насаждениях, поврежденных вредителями. Основные болезни сосны – смоляной рак и сосновая корневая губка. Определенную настороженность вызывает состояние дуба, устойчивость которого, согласно экспертной оценке, наименьшая среди лиственных пород (6 позиций с показателями устойчивости 1, 2). Средний процент дефолиации – один из самых высоких для лиственных пород (составляет 22,7%). Сравнение дуба с другими породами показывает, что удельный вес сильно ослабленных и усыхающих деревьев значительно больше и составляет 23,6%. Доля здоровых деревьев с процентом дефолиации 0–10% меньше, чем у других пород и равна 15,6%. Климатическая составляющая особенно влияет на состояние дуба. Так, наиболее сильное проявление неблагопри-

ятных климатических изменений наблюдается в юго-восточной и южной частях страны. Самыми ослабленными считаются дубы в подзоне широколиственно-сосновых лесов по югу страны. Дуб подвержен воздействию вредителей и болезней, по показателю поврежденности фитовредителями (13,5) он уступает только осине. Главные болезни: стволовые гнили, сосудистые микозы и бактериальные болезни. Значительное количество (более 5%) деревьев повреждено насекомыми, такими как дубовый блошак и зимняя пяделица.

Особое внимание следует уделить состоянию березы, устойчивость которой, согласно экспертной оценке, характеризуется медианным положением (5 позиций с показателями устойчивости 1, 2). Среди мягколиственных пород береза имеет усредненное значение по показателю дефолиации (17,4%), при этом более половины исследуемых деревьев имели незначительную степень повреждения (15–20%). Рассматривая факторы воздействия, влекущие гибель березы, следует выделить повреждение в результате различных видов рубок. Береза подвержена воздействию грибковых болезней, механическим ранениям, а также в равной степени воздействию насекомых и климатических изменений. Основными болезнями были стволовые ядровые гнили, вызываемые грибами, и бактериальная водянка, возбудителем которой выступают бактерии.

С учетом проведенной экспертной оценки устойчивости древостоев в разрезе основных лесообразующих пород было определено, что наиболее устойчивыми к рассмотренным факторам воздействия являются осина (3 позиции с показателями устойчивости 1, 2) и ольха черная.

Заключение. Результатом выполненной работы стала шкала устойчивости основных лесообразующих пород, осуществленная методом экспертной оценки. На основании проведенного анализа выявили, что наименее устойчивыми являются хвойные породы, а именно ель и сосна. Среди лиственных пород озабоченность вызывает состояние дуба и березы. Удельный вес смешанных насаждений (в отличие от чистых насаждений) – важный индикатор уровня экологических рисков чрезвычайных ситуаций в лесном хозяйстве. Предлагаемый подход – структурный элемент методики оценки устойчивости лесных экосистем при возникновении чрезвычайных ситуаций природного характера.

Список литературы

1. Рожков А. А., Козак В. Г. Устойчивость лесов. М.: Агропромиздат, 1989. 239 с.
2. Демаков Ю. П. Диагностика устойчивости лесных экосистем: методологические и методические аспекты. Научное издание. Йошкар-Ола: Периодика Марий Эл, 2000. 416 с.
3. Национальный доклад о состоянии окружающей среды Республики Беларусь. Режим доступа: <https://minpriroda.gov.by/uploads.pdf> (дата обращения: 05.03.2022).

4. Чешко Т. Н. Влияние климатических изменений на частоту возникновения чрезвычайных ситуаций природного характера в Республике Беларусь // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. 2021. № 2. С. 77–89.

5. Анализ динамики усыхания хвойных насаждений на территории Беларуси / В. В. Усеня [и др.] // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. ИЛ НАН Беларуси. 2019. Вып. 79. С. 166–176.

6. Климчук Г. Я. Динамика возникновения пожаров в лесах различных фондодержателей Республики Беларусь // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2018. № 2. С. 44–49.

7. Лесные пожары в Беларуси: материальный ущерб и опасные факторы пожара / А. К. Гармаза [и др.] // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2017. № 2. С. 332–337.

8. Дворник А. А., Дворник А. М. Радиационная опасность продуктов сгорания горючих компонентов лесных фитоценозов // Экологический вестник. 2015. № 1 (31). С. 31–36.

9. Логинов В. Ф., Бровка Ю. А. Многолетние сезонные изменения температуры воздуха в Беларуси и пространственно-временные особенности формирования засух // Проблемы гидрометеорологического обеспечения хозяйственной деятельности в условиях изменяющегося климата: материалы Междунар. науч. конф., Минск, 5–8 мая 2015 г. Минск, 2015. 337 с.

10. Бобрик М. Ю. Изменение климата: последствия, смягчение, адаптация. Витебск: ВГУ имени П. М. Машерова, 2015. 425 с.

11. Кислов А. В. Климат в прошлом, настоящем и будущем. М.: МАИК, 2001. 351 с.

12. Национальный статистический комитет Республики Беларусь. URL: <http://dataportal.belstat.gov.by/> (дата обращения: 05.10.2022).

13. Чешко Т. Н., Бусел М. О. Лесные экосистемы Республики Беларусь как объекты возникновения чрезвычайных ситуаций // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. 2022. № 2 (52). С. 61–76.

14. Главный информационно-аналитический центр Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь. URL: <https://www.nsmos.by/uploads/archive.2021.pdf/> (дата обращения: 12.07.2022).

15. Государственный лесной кадастр Республики Беларусь по состоянию на 01.01.2022. Режим доступа: <https://belgosles.by/wp-content/uploads/2022/04/РБ> (дата обращения: 06.06.2022).

16. Данелян Т. Я. Формальные методы экспертных оценок // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. 2015. № 1. С. 183–187.

17. Сравнительный анализ причин возникновения лесных пожаров на территории Республики Беларусь / В. В. Усеня [и др.] // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. ИЛ НАН Беларуси. 2020. Вып. 80. 316 с.

18. Экономическая оценка потерь в результате стихийных бедствий в лесном секторе Беларуси в контексте климатических изменений: современное состояние и направления совершенствования с учетом международного опыта: отчет о НИР (окончательный) / Белорусский государственный технологический университет; рук. А. Ледницкий. Минск, 2018. 124 с.

19. Schelhaas M.-J. Impacts of natural disturbances on the development of European forest resources: application of model approaches from tree and stand levels to large-scale scenarios. URL: <https://doi.org/10.14214/df.56> (accessed: 15.11.2023).

20. Schelhaas M. J., Nabuurs G. J., Schuck A. Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Glob. Chang. Biol.* 9. URL: doi:10.1046/j.1365-2486.2003.00684 (accessed: 10.08.2023).

21. Multi-decadal trend analysis and forest disturbance assessment of European tree species: concerning signs of a subtle shift / C. Bonannella [et al.] // *Forest Ecology and Management*. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121652> (accessed: 11.12.2023).

References

1. Rozhkov A. A., Kozak V. G. *Ustoychivost' lesov* [Forest sustainability]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1989. 239 p. (In Russian).

2. Demakov Yu. P. *Diagnostika ustoychivosti lesnykh ekosistem: metodologicheskiye i metodicheskiye aspekty* [Diagnostics of the sustainability of forest ecosystems: methodological and methodological aspects]. Yoshkar Ola, Periodika Mariy El Publ., 2000. 416 p. (In Russian).

3. National report on the state of the environment of the Republic of Belarus. Available at: <https://minpriroda.gov.by/uploads.pdf> (accessed 05.03.2022) (In Russian).

4. Cheshko T. N. The impact of climate change on the frequency of natural emergencies in the Republic of Belarus. *Chrezvychaynyye situatsii: preduprezhdeniye i likvidatsiya* [Emergency situations: prevention and response], 2021, no. 2, pp. 77–89 (In Russian).

5. Usenya V. V., Gordey N. V., Katkova E. N., Teglenkov E. A. Analysis of the dynamics of drying out of coniferous plantations in Belarus. *Problemy lesovedeniya i lesovodstva: sbornik nauchnykh trudov* [Problems of forestry and forestry: a collection of scientific papers], 2019, vol. 79, pp. 166–176 (In Russian).
6. Klimchuk G. Ya. Dynamics of fire occurrence in forests of various fund holders of the Republic of Belarus. *Trudy BGTY* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry, Environmental Management and Processing of Renewable Resources, 2018, no. 2, pp. 44–49 (In Russian).
7. Garmaza A. K., Ermak I. T., Bosak V. N., Peretrukhin V. V., Chernushevich G. A., Klimchik G. Ya. Forest fires in Belarus: material damage and fire hazards. *Trudy BGTY* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry, Environmental Management and Processing of Renewable Resources, 2017, no. 2, pp. 332–337 (In Russian).
8. Dvornik A. A., Dvornik A. M. Radiation hazard of combustion products of flammable components of forest phytocenoses. *Ekologicheskiiy vestnik* [Environmental newsletter], 2015, no. 1 (31), pp. 31–36 (In Russian).
9. Loginov V. F., Brovka Yu. A. Long-term seasonal changes in air temperature in Belarus and spatio-temporal features of the formation of droughts. *Problemy gidrometeorologicheskogo obespecheniya khozyaystvennoy deyatel'nosti v usloviyakh izmenyayushchegosya klimata: materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Problems of hydrometeorological ensuring economic activity in a changing climate: materials of the International scientific conference]. Minsk, 2015. 337 p. (In Russian).
10. Bobrik M. Yu. *Izmeneniye klimata: posledstviya, smyagcheniye, adaptatsiya* [Climate change: impacts, mitigation, adaptation]. Vitebsk, VGU imeni Masheroва Publ., 2015. 425 p. (In Russian).
11. Kislov A. V. *Klimat v proshlom, nastoyashchem i budushchem* [Climate in the past, present and future]. Moscow, MAIK Publ., 2001. 351 p. (In Russian).
12. National Statistical Committee of the Republic of Belarus. Available at: <http://dataportal.belstat.gov.by> (accessed 15.10.2022) (In Russian).
13. Cheshko T. N., Bysel M. O. Forest ecosystems of the Republic of Belarus as objects of emergency situations. *Chrezvychaynyye situatsii: preduprezhdeniye i likvidatsiya* [Emergency situations: prevention and response], 2022, no. 2 (52), pp. 61–76 (In Russian).
14. Main information and analytical center of the National Environmental Monitoring System of the Republic of Belarus. Available at: <https://www.nsmos.by/uploads/archive.2021.pdf/> (accessed 12.07.2022) (In Russian).
15. State forest cadastre of the Republic of Belarus as of 01/01/2022, Available at: <https://belgosles.by/wp-content/uploads/2022/04/ПБ> (accessed 06.06.2022) (In Russian).
16. Danelyan T. Ya. Formal methods of expert assessments. *Ekonomika, statistika i informatika. Vestnik UMO* [Economics Statistics and Computer Science. Herald Umo], 2015, no. 1, pp. 183–187 (In Russian).
17. Usenya V. V., Gordey N. V., Teglenkov E. A., Katkova E. N. Comparative analysis of the causes of forest fires on the territory of the Republic of Belarus. *Problemy lesovedeniya i lesovodstva: sbornik nauchnykh trudov* [Problems of forestry and forestry: a collection of scientific papers], 2020, vol. 80, 316 p. (In Russian).
18. Lednitskiy A. *Ekonomicheskaya otsenka poter' v rezul'tate stikhiynykh bedstviy v lesnom sektore Belarusi v kontekste klimaticheskikh izmeneniy: sovremennoye sostoyaniye i napravleniya sovershenstvovaniya s uchetom mezhdunarodnogo opyta: otchet o NIR* [Economic assessment of losses due to natural disasters in the forest sector of Belarus in the context of climate change: current state and areas for improvement taking into account international experience: research report]. Minsk, 2018. 124 p. (In Russian).
19. Schelhaas M.-J. Impacts of natural disturbances on the development of European forest resources: application of model approaches from tree and stand levels to large-scale scenarios. Available at: <https://doi.org/10.14214/df.56> (accessed 15.11.2023).
20. Schelhaas M. J., Nabuurs, G. J., Schuck A. Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Glob. Chang. Biol.* 9. Available at: [doi:10.1046/j.1365-2486.2003.00684](https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2003.00684) (accessed 10.08.2023).
21. Bonannella C., Parente L., Bruin S., Herold M. Multi-decadal trend analysis and forest disturbance assessment of European tree species: concerning signs of a subtle shift. *Forest Ecology and Management*. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121652> (accessed 11.12.2023).

Информация об авторе

Чешко Татьяна Николаевна – старший преподаватель, соискатель кафедры управления защитой от чрезвычайных ситуаций. Университет гражданской защиты МЧС Республики Беларусь (220118, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25, Республика Беларусь). E-mail: tatiana.cheshko@yandex.ru

Information about the author

Cheshko Tatsiana Nikolayevna – Senior Lecturer, External doctorate student, the Department of Emergency Protection Management. University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus (25, Mashinostroiteley str., 220118, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: tatiana.cheshko@yandex.ru

Поступила 15.02.2024