

УДК 551.583;581.5

М. В. Ермохин¹, А. А. Сазонов², Я. К. Игнатьев¹¹Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси²РУП «Белгослес»**БИОЛОГИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ЛЕСОВ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ**

С использованием материалов детального лесопатологического обследования трех лесхозов в 2017–2021 гг. (Глубокский, Барановичский, Мозырский), площади сплошных санитарных рубок в 2017–2021 гг. (Барановичский лесхоз) и исторических карт 1930-х годов выявлены особенности биологической устойчивости лесов различного происхождения и состава. Основными характеристиками, оказывающими влияние на нарушение биологической устойчивости лесов, являются (в порядке снижения значимости): категория земель, на которых появилось насаждение (лесные или сельскохозяйственные); происхождение (естественное или искусственное); состав древостоев (чистые или смешанные); лесная формация. Относительная площадь насаждений искусственного происхождения с нарушенной биологической устойчивостью в 3–4 раза выше на сельскохозяйственных землях по сравнению с насаждениями на лесных землях. Самой высокой биологической устойчивостью отличаются насаждения естественного происхождения и лесных культур, произрастающие на лесных землях. Относительная площадь чистых лесных культур, погибших в результате неблагоприятных погодных условий, на сельскохозяйственных землях в 25 раз выше, чем насаждений естественного и искусственного происхождения на лесных землях. Результаты исследования четко показывают, что для повышения устойчивости лесов необходимо изменение практики лесоразведения и лесовосстановления.

Ключевые слова: класс биологической устойчивости, гибель лесов, происхождение, категория земель, состав.

Для цитирования: Ермохин М. В., Сазонов А. А., Игнатьев Я. К. Биологическая устойчивость лесов различного происхождения // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2023. № 1 (264). С. 49–60. DOI: 10.52065/2519-402X-2023-264-06.

M. V. Yermokhin¹, A. A. Sazonov², Ya. K. Ignatiev¹¹ V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Science of Belarus² Forest Inventory Republican Unitary Enterprise “Belgosles”**BIOLOGICAL STABILITY OF FORESTS OF DIFFERENT ORIGIN**

The features of biological stability of forests of various origin and composition are identified on the base of materials from a detailed forest pathological survey of three forestries in 2017–2021. (Gluboksky, Baranovichsky, Mozyrsky), areas of clear sanitary cuttings in 2017–2021 (Baranovich forestry) and historical maps of the 1930s. The main characteristics impact on the violation of the biological stability are (in descending order of importance): the previous category of land on which the stand appeared (forest land or agricultural land); origin (natural or artificial); composition of forest stands (pure or mixed); main species. It has been identified that the relative area of artificial stand with disturbed biological stability is 3–4 times higher on former agricultural lands compared to stand on forest lands. Natural and artificial stands growing on former forest lands have the highest biological stability. The relative area of pure artificial forest that died because of unfavorable weather conditions on former agricultural lands is 25 times higher than that of natural and artificial forest on former forest lands. The results of the study clearly show that to increase the biological stability of forests, it is necessary to change the practice of afforestation and reforestation.

Keywords: class of biological stability, death of forest stands, origin of stands, land category, composition.

For citation: Yermokhin M. V., Sazonov A. A., Ignatiev Ya. K. Biological stability of forests of different origin. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2023, no. 1 (264), pp. 49–60. DOI: 10.52065/2519-402X-2023-264-06 (In Russian).

Введение. В последние десятилетия на территории Беларуси неоднократно происходила массовая гибель лесов (1996–1998, 2002–2004, 2009–2012, 2016–2019) [1]. Масштабы гибели

лесов в значительной степени определяются цикличностью погодно-климатических условий, прежде всего засушливых явлений, а также воздействием на леса ураганов и смерчей,

вслед за которыми активизируются вредители и болезни [2–4]. С глобальным изменением климата в последние десятилетия увеличивается интенсивность и продолжительность засух на территории Беларуси [5], что усиливает повреждение лесов.

При этом современная структура лесов на территории Беларуси в значительной степени связана не только и не столько с климатическими изменениями, сколько с хозяйственной деятельностью человека. Насаждения искусственного происхождения занимают 24% площади покрытых лесом земель [6], ежегодно создается около 40 тыс. га лесных культур [7]. Кроме того, состав и структура древостоев корректируются рубками ухода, санитарными и прочими видами рубок, которые ежегодно проводятся на площади около 450 тыс. га (5,4% площади покрытых лесом земель) [7]. Фактически без вмешательства человека остаются только территории заповедников, заповедные зоны национальных парков и труднодоступные заболоченные территории. Соответственно, в связи с большой площадью трансформированных лесов интенсивность и особенности распространения патологических процессов в лесах могут быть связаны и с хозяйственной деятельностью.

Наиболее показательный факт влияния лесохозяйственной деятельности на состояние лесов, о котором написано во всех отечественных учебниках по лесной фитопатологии, – это повреждение лесных культур сосны на бывших

сельскохозяйственных землях корневой губкой [8]. О более интенсивном повреждении лесных культур различными факторами (биотическими и абиотическими) говорят и материалы исследований последних десятилетий в период массовой гибели сначала еловых, а потом сосновых лесов [2–4, 9].

Тем не менее количественных оценок того, насколько менее устойчивыми являются лесные культуры, в том числе на бывших сельскохозяйственных землях Беларуси, до сих пор нет. Во многом это связано с большими трудозатратами по масштабной оценке состояния насаждений, отсутствием сведений об истории создания и формирования древостоев и др. В то же время, практика создания лесных культур сосны на сельскохозяйственных землях до сих пор широко распространена. Поэтому в нашем исследовании мы постарались ответить на вопрос, влияет ли происхождение лесов (естественное или искусственное) и бывшая категория земель (сельскохозяйственные или лесные земли) на их биологическую устойчивость.

Объекты и методы исследования. Исследования проведены на территории трех лесохозяйственных учреждений, расположенных во всех геоботанических подзонах Беларуси [10]: Мозырского опытного (подзона широколиственно-сосновых лесов), Барановичского (подзона грабово-дубово-темнохвойных лесов), Глубокского опытного (подзона дубово-темнохвойных лесов) (рис. 1).

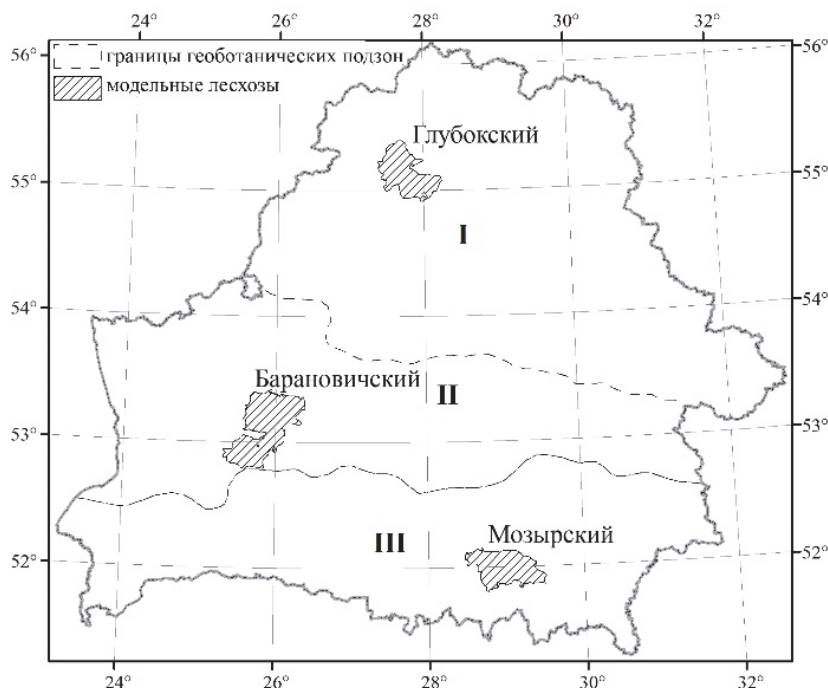


Рис. 1. Схема размещения объектов исследования
(геоботанические подзоны: I – дубово-темнохвойных лесов;
II – грабово-дубово-темнохвойных лесов; III – широколиственно-сосновых лесов)

Таблица 1

Краткая характеристика материалов лесопатологического обследования

Объект обследования (лесхоз) и год	Обследованная площадь, тыс. га	Площадь выделов в базе данных, га	Количество выделов, шт.
Мозырский, 2017	10,0	6675,3	2781
Мозырский, 2021	15,0	10 634,8	3803
Барановичский, 2019	17,5	13 535,4	4128
Барановичский, 2021	15,0	11 502,8	3635
Глубокский, 2020	15,0	9787,7	3817

Исходными данными для оценки послужили:

1) базы данных результатов лесопатологического обследования, проведенного на территории всех трех лесхозов в период 2017–2021 гг. Для двух лесхозов лесопатологическое обследование было проведено дважды, что позволило сравнить особенности повреждения лесов на пике массового усыхания и в период его затухания (табл. 1);

2) данные о сплошных санитарных рубках для Барановичского лесхоза за январь 2017 – ноябрь 2021 г. (табл. 2);

3) топографические карты, составленные Генштабом РККА (масштаб 1:50 000) и изданные в 1927–1936 гг.

Наиболее общим интегральным показателем, характеризующим состояние древостоев, является их жизнеспособность (или биологическая устойчивость). Для ее описания использовались три класса биологической устойчивости (КБУ), предложенные Е. Г. Мозолева еще в начале 1980-х годов [11, 12], которые с некоторыми изменениями вошли в действующие «Санитарные правила...» [13]: 1 – биологически устойчивые; 2 – с нарушенной устойчивостью; 3 – утратившие устойчивость. Класс биологической устойчивости определялся для каждого лесопатологического выдела наряду с указанием характера повреждений.

Особенности ведения лесного хозяйства в Беларуси таковы, что в случае выявления насаждений 3-го класса биологической устойчивости

специалистами лесхозов в них оперативно проводятся сплошные санитарные рубки. Соответственно в базе лесопатологических обследований количество таких участков не отражает реальную площадь погибших насаждений. Для оценки площади погибших насаждений (3-й класс биологической устойчивости) использовалась площадь сплошных санитарных рубок, также в разрезе типов леса, классов возраста, происхождения, породного состава для одного модельного лесхоза (Барановичского).

Площадь вырубленных насаждений и насаждений с нарушенной биологической устойчивостью оценивалась как доля от общей площади насаждений соответствующего класса возраста, типа леса, происхождения и пр.

Каждый лесопатологический выдел и сплошная санитарная рубка вносились в геоинформационную базу данных, в которую были добавлены топографические карты, составленные Генштабом РККА 1927–1936 гг. Для каждого лесопатологического выдела и рубки по топографической карте устанавливалась категория земель на 1920–30-е годы. Все участки были отнесены к двум категориям: лесные (далее категория «лес») и сельскохозяйственные (далее категория «с/х»). Для анализа не использовались участки, которые невозможно было отнести ни к одной из категорий. Это участки, попадающие на границу земель, на болота, расположенные в поймах рек, и некоторые другие. Общая площадь участков, использованных для анализа, приведена в табл. 2.

Таблица 2

Общая площадь и количество насаждений, использованных для анализа

Объект обследования (лесхоз) и год	Площадь выделов		Количество выделов	
	га	% от общего количества выделов в базе данных	шт.	% от общего количества выделов в базе данных
Из материалов лесопатологического обследования				
Мозырский, 2017	4391,8	65,8	1928	69,3
Мозырский, 2021	6614,2	62,2	2228	58,6
Барановичский, 2019	9821,1	72,6	3183	77,1
Барановичский, 2021	9404,2	81,8	2944	81,0
Глубокский, 2020	6470,6	66,1	2429	63,6
Из базы данных сплошных санитарных рубок				
Барановичский, 2017–2021	1984,4	97,9	2136	97,9

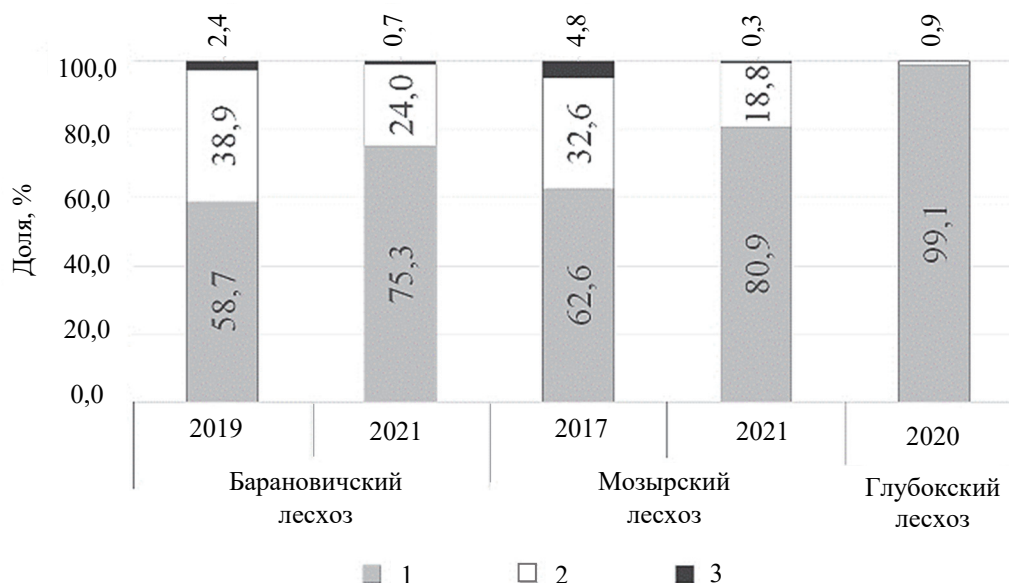


Рис. 2. Распределение насаждений по классам биологической устойчивости

Результаты исследования. Лесопатологические обследования были проведены в период массового усыхания сосновых древостоев, которое затронуло в первую очередь южные регионы Беларуси. В начале периода массового усыхания и на его пике относительная площадь насаждений с нарушенной устойчивостью составила 32,6% в Мозырском (2017 г.) и 38,9% в Барановичском лесхозе (2019 г.). По мере затухания вспышки массового размножения стволовых вредителей и после проведения санитарных рубок доля насаждений с нарушенной устойчивостью снизилась в 2021 г. до 18,8 и 24,0% соответственно (рис. 2). При этом насаждения в северных регионах Беларуси (Глубокский лесхоз) сохранили высокую биологическую устойчивость: доля насаждений с нарушенной устойчивостью составляет только 0,9%. Эти результаты подтверждают, что тотальное снижение устойчивости лесов во многом связано с продолжительными и интенсивными засухами в течение вегетационного сезона в южных регионах Беларуси.

Более четкую картину снижения устойчивости лесов дает их распределение по классам биологической устойчивости, происхождению и бывшей категории земель (рис. 3). Наиболее устойчивыми являются насаждения естественного происхождения на бывших лесных землях (ЕПЛ) и лесные культуры на бывших лесных землях (ЛКЛ). В начальный период массового усыхания (Мозырский лесхоз, 2017 г.) и на его пике (Барановичский лесхоз, 2019 г.) доля насаждений с нарушенной биологической устойчивостью в этих категориях составляла 12,8–19,6%.

При этом площадь насаждений с нарушенной биологической устойчивостью естественного происхождения на бывших сельскохозяйственных землях (ЕПСХ) была в полтора-два раза выше (30,0–30,1%). В конце периода массового усыхания (2021 г.) доля насаждений с нарушенной биологической устойчивостью выравнивалась между категориями за счет снижения относительной площади поврежденных насаждений ЕПСХ до 15,5–19,5%. Вероятнее всего, такое выравнивание связано с проведением в наиболее поврежденных насаждениях интенсивных санитарных рубок, не только выборочных, но и сплошных. Так, в Барановичском лесхозе за 2019–2021 гг. только сплошными санитарными рубками было вырублено более 1 тыс. га древостоев.

Наиболее поврежденными являются лесные культуры, созданные на бывших сельскохозяйственных землях (ЛКСХ). В начальный период усыхания в Мозырском лесхозе (2017 г.) доля насаждений с нарушенной биологической устойчивостью в этой категории составляла 54,5%. На пике усыхания в Барановичском лесхозе (2019 г.) – 70,1%. Это в 3–4 раза выше, чем доля насаждений с нарушенной биологической устойчивостью ЕПЛ. К 2021 г. их относительная площадь сократилась до 41,2–49,5%, что все равно в 3 раза выше, чем в ЕПЛ (рис. 3).

Эталоном биологически устойчивых насаждений могут являться насаждения Глубокского лесхоза, которые не были затронуты сильными и продолжительными засухами. Но и здесь доля насаждений с нарушенной биологической устойчивостью (2,9%) среди ЛКСХ почти в 3 раза выше, чем в ЕПЛ (1,0%).

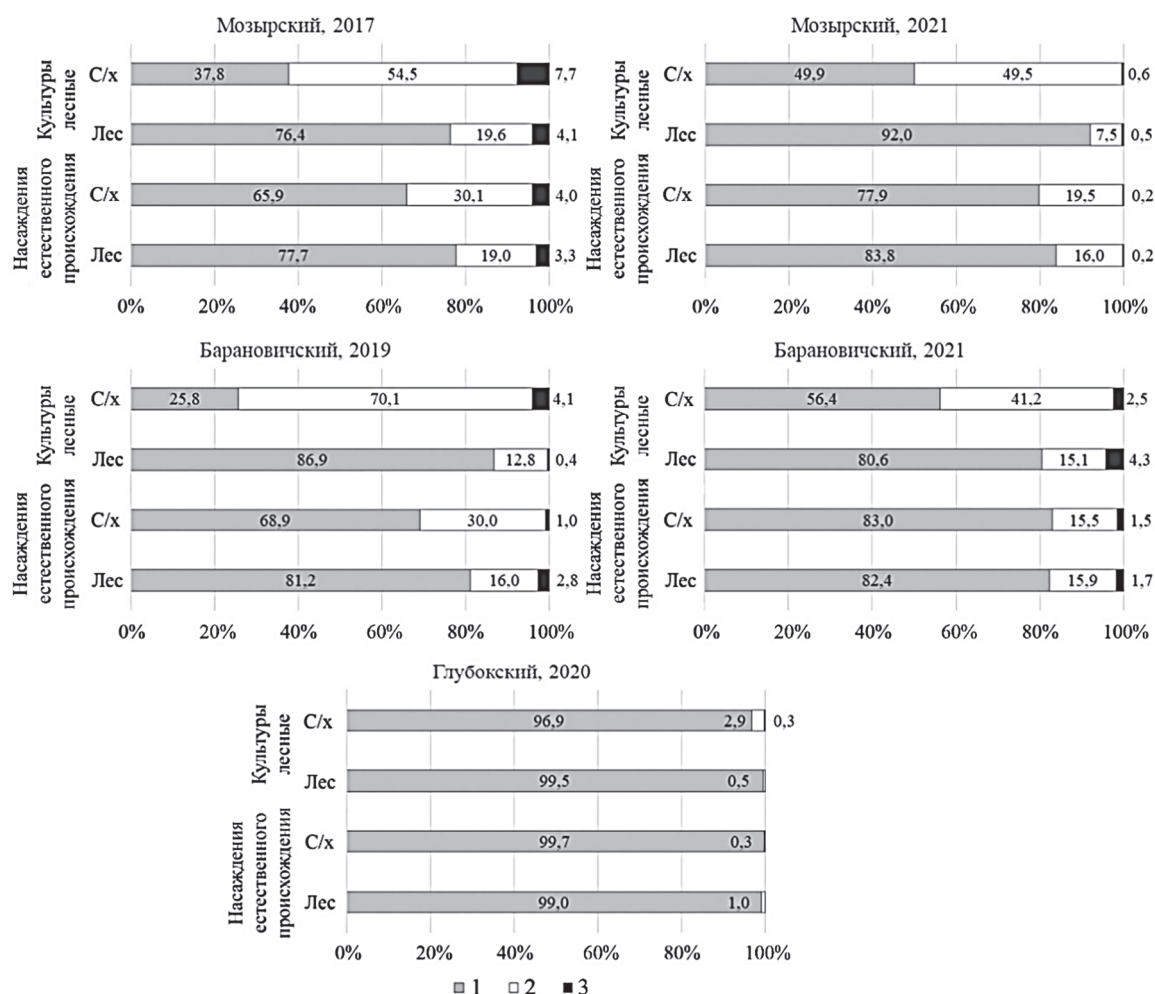


Рис. 3. Распределение насаждений по классам биологической устойчивости, происхождению и бывшим категориям земель (пояснения в тексте)

Если обобщить данные по всем модельным лесхозам за 2017–2021 гг., то видно, что биологическая устойчивость насаждений снижается в следующем ряду:

- 1) насаждения естественного и искусственного происхождения на бывших лесных землях;
- 2) насаждения естественного происхождения на бывших сельскохозяйственных землях (площадь насаждений с нарушенной биологической устойчивостью выше в 2 раза);
- 3) насаждения искусственного происхождения на бывших сельскохозяйственных землях (площадь насаждений с нарушенной биологической устойчивостью выше в 3–4 раза).

Выявленная зависимость сохраняется и для четырех основных лесообразующих пород: сосны, ели, березы и дуба (рис. 4). Для 2017 и 2019 гг. представлены результаты только для сосны, поскольку площади поврежденных насаждений ели, дуба и березы нерепрезентативны. Наиболее повреждаемыми являются насаждения дуба черешчатого на бывших сельскохозяйственных землях (до 80% площади).

На пике массового усыхания относительная площадь насаждений сосны с нарушенной биологической устойчивостью на сельскохозяйственных землях достигала 60,0%, на лесных – только 19,4%.

Относительная площадь еловых насаждений с нарушенной биологической устойчивостью высока как для бывших сельскохозяйственных, так и для лесных земель (24,5–29,6%).

Наибольшей устойчивостью во всех случаях отличаются насаждения березы повислой, так как относительная площадь насаждений с нарушенной биологической устойчивостью не превышает 5,4% на бывших сельскохозяйственных землях. На рис. 5 представлено изменение площади (%) древостоев сосны с нарушенной биологической устойчивостью в зависимости от доли главной породы в составе и бывшей категории земель в Мозырском лесхозе в 2017 и 2020 гг. Для остальных пород невозможно провести такой анализ по причине малой выборки в каждой из категорий состава.

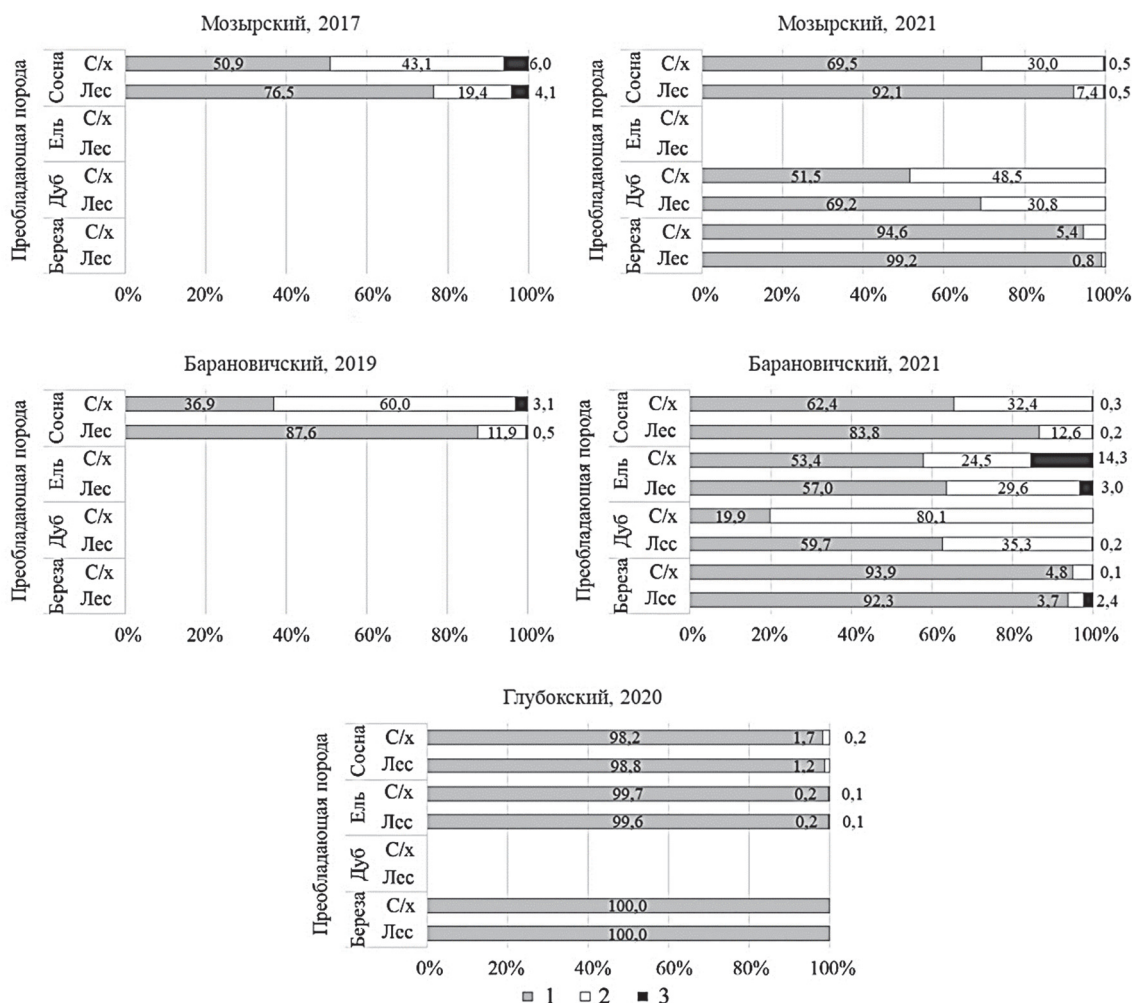


Рис. 4. Распределение насаждений по классам биологической устойчивости, главной древесной породе и бывшим категориям земель (пояснения в тексте)

Во всех четырех категориях насаждений сосны (ЕПЛ, ЛКЛ, ЕПСХ, ЛКСХ) относительная площадь насаждений с нарушенной биологической устойчивостью растет с увеличением доли сосны в древостое. В начале массового усыхания (2017 г.) при увеличении доли главной породы с 3–4 единиц в составе до 7–8 доля насаждений с нарушенной биологической устойчивостью возросла в среднем в 1,2 раза, до 9–10 единиц – в 1,7 раза. При этом следует отметить достаточно высокую относительную площадь даже в ЕПЛ (не менее 17,9%).

В заключительный период массового усыхания (2021 г.) быстрее всех восстанавливались смешанные ЕПЛ, ЕПСХ, а также ЛКЛ: доля насаждений с нарушенной устойчивостью составляет 1,7–4,8%. Увеличение доли сосны в древостое до 7–8 единиц в этих категориях насаждений в этот период приводит к увеличению доли поврежденных насаждений в среднем в 3,4 раза, до 9–10 единиц – в 6,7 раза. Но даже доля чистых насаждений с нарушенной биологической устойчивостью

в 2021 г. ниже, чем доля поврежденных смешанных насаждений в 2017 г.

Ситуация разительно отличается в ЛКСХ. Здесь даже в заключительный период массового усыхания сохранялась высокая относительная площадь насаждений с нарушенной биологической устойчивостью среди смешанных древостоев (38,5%), а в чистых достигала 61,5% (в начальный период массового усыхания их доля достигала 71,1%). Т. е. создание смешанных сосновых древостоев критически важно для сохранения биологической устойчивости в первую очередь именно для этой категории насаждений.

Нарушение биологической устойчивости насаждений еще не говорит об их последующей гибели, но создает все предпосылки для этого. Снятие негативного фактора, воздействующего на древостой, адаптация древостоев к нему или своевременное проведение санитарно-оздоровительных мероприятий позволяют насаждениям восстановить их устойчивость.



Рис. 5. Изменение площади насаждений с нарушенной устойчивостью (%) в зависимости от доли сосны в составе древостоя

Соответственно, площадь насаждений, утративших биологическую устойчивость и погибших, в несколько раз меньше, чем площадь насаждений с нарушенной биологической устойчивостью.

Для Барановичского лесхоза дополнительно были проанализированы данные о сплошных санитарных рубках за январь 2017 – ноябрь 2021 гг. Год гибели насаждения определялся по дате проведения санитарной рубки по следующей схеме: погибшими от неблагоприятных погодных условий в 2018 г. считались древостои, которые были вырублены в период с 01.05.2018 по 30.04.2019, и так для каждого года. Если причиной гибели насаждений указывался пожар или ветровал, то год гибели таких насаждений определялся по году проведения рубки.

Общая площадь проанализированных сплошных санитарных рубок по Барановичскому лесхозу составила 1984,4 га. Из них в 2017 г. погибли древостои на площади 658,1 га, в 2018 г. – на 367,9 га, в 2019 г. – на 528,8 га, в 2020 г. – 320,0 га и в 2021 г. – всего 69,1 га. Насаждения, вырубленные с января по апрель 2017 г., считались погибшими в 2016 г.

Динамика площади погибших насаждений показала очень интересную зависимость (рис. 6). Относительная площадь погибших ЕПЛ и ЛКЛ на протяжении 2017–2021 гг. колебалась от 0,1 до 0,7% при отсутствии трендов и

резкого изменения по годам. Сопоставив данные о гибели насаждений с материалами лесопатологического обследования, видно, что в насаждениях этих двух категорий происходит нарушение биологической устойчивости в отдельные неблагоприятные годы (2017, 2019), но доля погибших насаждений остается без изменения.

Иная ситуация развивалась в насаждениях на бывших сельскохозяйственных землях. Основной вклад в общую площадь погибших лесов вносили ЛКСХ. В 2017 г. относительная площадь погибших насаждений этой категории составила 8,8%, в 2019 г. – 5,2% (рис. 6). То есть в начальный период массового усыхания их относительная площадь была более чем в 20 раз выше площади погибших насаждений ЕПЛ. С затуханием вспышки массового размножения стволовых вредителей эта разница постепенно снижалась, и только к 2021 г. она сократилась до величин, сопоставимых с ЕПЛ.

Динамика площади погибших ЕПСХ повторила динамику погибших ЛКСХ. Однако их относительная площадь в 2–6 раз меньше в зависимости от года.

Такие значения и распределение погибших насаждений по категориям показывают, что первоначальным и основным источником снижения и утраты биологической устойчивости лесов являлись именно лесные культуры, созданные на бывших сельскохозяйственных землях.

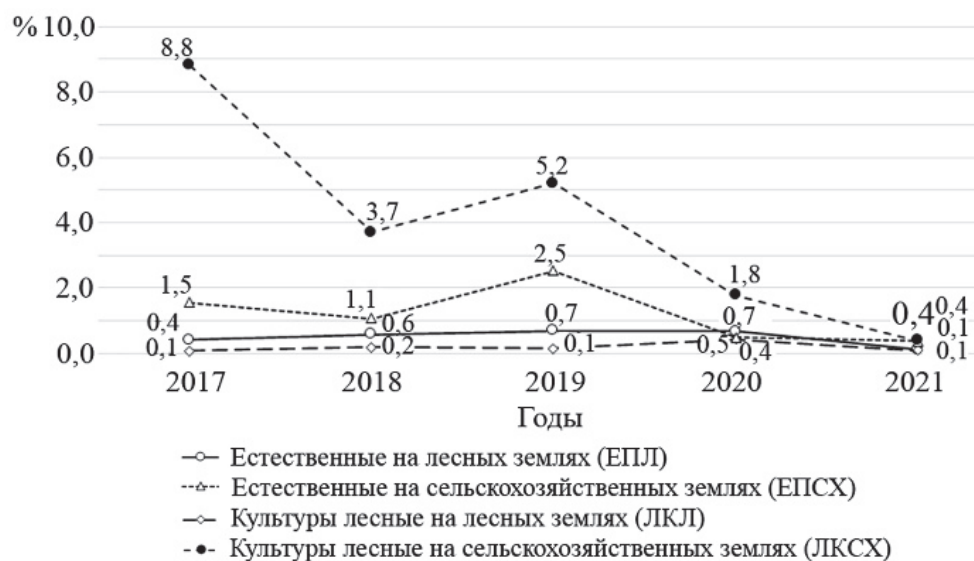


Рис. 6. Динамика площади (в процентах от площади соответствующей категории) древостоев, вырубленных сплошными санитарными рубками в зависимости от бывшей категории земель в Барановичском лесхозе (пояснения в тексте)

Утрата насаждениями биологической устойчивости и их гибель тесно связаны с составом насаждений и бывшей категорией земель. На рис. 7 представлено изменение площади (%) погибших древостоев сосны в зависимости от доли главной породы в составе и бывшей категории земель в Барановичском лесхозе в 2017–2021 гг.

Относительная площадь погибших насаждений сосны ЕПЛ и ЛКЛ колеблется в пределах 0,2–1,3% в зависимости от доли сосны в древостое и не имеет выраженного тренда. Т. е. состав

древостоя в этих категориях не влияет на гибель насаждений. Иная ситуация наблюдается в насаждениях сосны на бывших сельскохозяйственных землях. Как было показано, относительная площадь погибших насаждений на этих землях в целом выше, чем на лесных. При этом относительная площадь погибших ЕСХ в смешанных насаждениях (доля участия сосны в составе 3–6 единиц) составляет 0,4–1,8%. При увеличении доли сосны до 7–8 единиц площадь погибших насаждений этой категории возрастает вдвое, а до 9–10 единиц – в 2,5 раза.

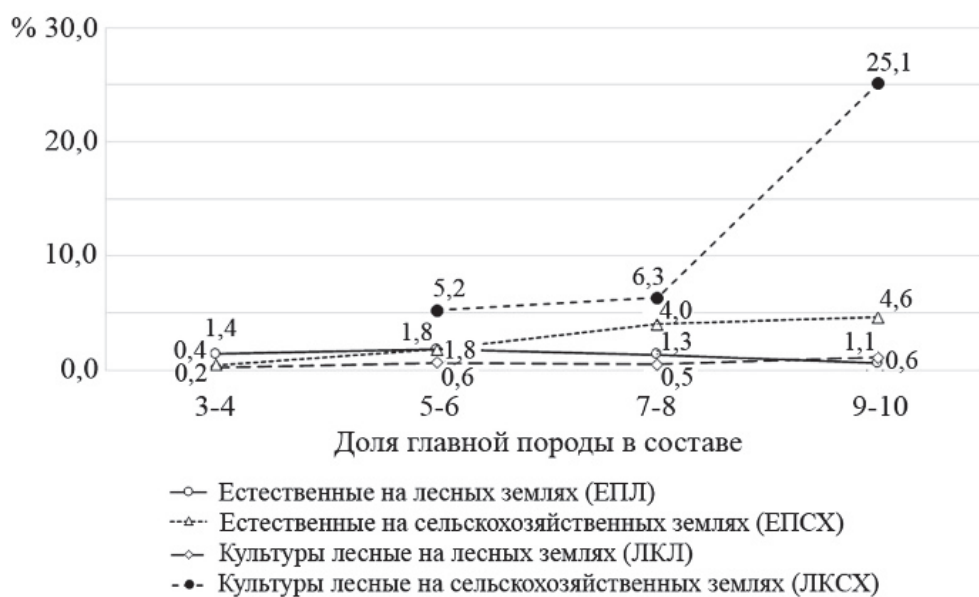


Рис. 7. Площадь (в процентах от площади соответствующей категории) погибших насаждений сосны в зависимости от доли главной породы в составе и бывшей категории земель в Барановичском лесхозе в 2017–2021 гг.

Относительная площадь погибших ЛКСХ выше в несколько раз, чем в других категориях насаждений независимо от состава. При доле участия сосны 5–6 единиц в составе древостоев относительная площадь погибших насаждений в этой категории составляет 5,2%, при 7–8 единицах – 6,3%. При увеличении доли сосны до 9–10 единиц относительная площадь погибших насаждений скачкообразно увеличивается и достигает 25,1%.

Заключение. Результаты проведенного исследования позволяют сделать несколько основных выводов.

1. Основными характеристиками, нарушающими биологическую устойчивость лесов, являются (в порядке снижения значимости): категория земель, на которых появилось насаждение (лесные или сельскохозяйственные); происхождение (естественное или искусственное); состав насаждений (чистые или смешанные); лесная формация.

2. Биологическая устойчивость насаждений снижается в следующем ряду: насаждения естественного и искусственного происхождения на бывших лесных землях; насаждения естественного происхождения на бывших сельскохозяйственных землях (относительная площадь насаждений с нарушенной биологической устойчивостью выше в 2 раза); насаждения искусственного происхождения на бывших сельскохозяйственных землях (относительная площадь насаждений с нарушенной биологической устойчивостью выше в 3–4 раза).

3. В разрезе лесных формаций наиболее высокая относительная площадь насаждений с нарушенной биологической устойчивостью среди дубрав, затем идут ельники, сосняки и березняки. Относительная площадь последних (до 5,4%) самая низкая среди всех формаций как на сельскохозяйственных, так и на лесных землях.

4. В сосняках относительная площадь насаждений с нарушенной биологической устойчивостью растет с увеличением доли сосны в древостое во всех категориях (естественные и искусственные насаждения на бывших сельскохозяйственных или лесных землях). Особенно сильно это проявляется в чистых лесных культурах на сельскохозяйственных землях, среди которых до 61,5–71,1% насаждений с нарушенной биологической устойчивостью (в зависимости от года). В то же время относительная площадь погибших насаждений сосны естественного и искусственного происхождения на бывших лесных землях колеблется в пределах 0,2–1,3% в зависимости от доли сосны в древостое и не имеет выраженного тренда.

5. Относительная площадь погибших лесных культур на сельскохозяйственных землях

выше, чем в других категориях насаждений при любом составе. При доле участия сосны 5–6 единиц в составе площадь погибших древостоев равна 5,2%, при 7–8 единицах – 6,3%, а при достижении доли сосны 9–10 единиц увеличивается до 25,1%.

6. В начальный период массового усыхания относительная площадь погибших насаждений искусственного происхождения в 20 раз выше, чем площадь погибших насаждений естественного происхождения на лесных землях, и достигает 8,8%. Только через 4 года она снижается до величин, сопоставимых с естественными насаждениями на лесных землях. То есть именно эти насаждения являются триггером снижения биологической устойчивости лесов и массового усыхания.

7. Естественные и искусственные насаждения на бывших лесных землях отличаются высокой способностью адаптироваться к неблагоприятным погодным условиям по сравнению с насаждениями на бывших сельскохозяйственных землях. Об этом свидетельствует увеличение относительной площади насаждений с нарушенной биологической устойчивостью этих категорий в годы с неблагоприятными погодными условиями. При этом относительная площадь погибших насаждений этих категорий колеблется в пределах 0,1–0,7% в зависимости от года без выраженного тренда.

Результаты исследования в целом показывают низкую биологическую устойчивость насаждений на бывших сельскохозяйственных землях, что может быть связано только с особенностями почв. Некоторые исследования, проведенные в европейской части России, показывают существенные различия между выведенными из сельскохозяйственного оборота и лесными почвами. Лесные почвы на глубине 0–20 см имеют менее плотное сложение и большую водопроницаемость, особенно при сравнении с пастбищами. Водопроницаемость лесных почв в 3 раза выше, чем почв агроценозов. Кроме того, последние в 15 раз менее устойчивы к заиливанию почв [14]. По разным исследованиям, только через 20–40 лет статистически подтверждается дифференциация старопахотной толщи на два горизонта по величинам плотности, схожим с лесными почвами [15, 16]. И только к 100 годам после прекращения окультуривания постепенно восстанавливаются соотношение и интенсивность элементарных почвообразовательных процессов [15], а почвы в лесах на старопахотных землях сохраняют следы пахотного горизонта до 180 лет [14]. Создание лесных культур в таких условиях изначально определяет их низкую биологическую устойчивость независимо от состава.

Фактически это означает, что на бывших сельскохозяйственных землях требуется использование особых технологий лесовосстановления и лесовыращивания, обеспечивающих устойчивость создаваемых древостоев. Применение здесь технологий, разработанных для лесных земель, оборачивается накоплением потенциально неустойчивых древостоев, которые в условиях потепления климата и обострения погодных стрессов начинают массово усыхать. Именно наличием большого количества древостоев сосны, произрастающих на бывших сельскохозяйственных угодьях, следует объяснять тот огромный ущерб, который нанесен сосновым лесам в результате вспышки массового размножения короедов в 2016–2021 гг. А это значит, что важнейшим предрасполагающим фактором массового усыхания сосновых лесов является существующая практика лесоразведения.

Выходом для повышения биологической устойчивости и сокращения в будущем площади погибших древостоев нам видится коренное изменение практики лесоразведения и лесовосстановления. Во-первых, следует ориентироваться на естественные сукцессии, протекающие на нарушенных землях, поскольку сама природа давно выработала оптимальный путь развития насаждений. При лесоразведении необходимо использовать естественное или искусственное (если невозможно достичь появления леса естественным путем в приемлемые сроки) лесовос-

становление пионерными лиственными породами: на минеральных почвах это береза повислая, осина, ольха серая (в северных регионах). Использование лиственных пород ускоряет почвообразовательные процессы, что сокращает период восстановления плодородия и возврата свойств нарушенных почв к лесным почвам. Только через 20–40 лет в древостоях пионерных пород можно будет увеличивать долю хвойных или широколиственных пород.

Во-вторых, при лесовосстановлении и лесоразведении (если сохранится практика создания лесных культур хвойных и широколиственных пород на старопахотных землях), а затем при рубках ухода необходимо поддерживать долю хвойных и широколиственных пород не больше 6 единиц. Это позволит снизить вероятность нарушения биологической устойчивости лесов в несколько раз, а для лесных культур сосны на старопахотных землях – более чем в 20 раз.

Работа выполнена в рамках задания 10.2.7 НИР «Динамика лесных экосистем в условиях инвазии чужеродных древесных растений и на стадиях формирования и распада древостоев» ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда», а также задания мероприятия 7 «Разработать интерактивную систему для оперативной оценки и прогнозирования последствий неблагоприятных климатических явлений в лесных экосистемах» ГП «Научно-инновационная деятельность Национальной академии наук Беларуси».

Список литературы

1. Природа Беларуси на рубеже тысячелетий / В. М. Байчоров [и др.]. Минск: Беларуская навука, 2020. 367 с.
2. Фёдоров Н. И., Сарнацкий В. В. Особенности формирования еловых лесов Беларуси в связи с их периодическим массовым усыханием. Минск: Тэхналогія, 2001. 180 с.
3. Пугачевский А. В., Барсукова Т. Л. Причинный анализ и лесотипологические особенности гибели древостоев в лесах Беларуси // Сб. науч. тр. Ин-та леса Нац. акад. наук Беларуси. Гомель, 2015. Вып. 75: Проблемы лесоведения и лесоводства. С. 586–596.
4. Сазонов А. А., Звягинцев В. Б. «Биологический пожар» соснового леса // Лесное и охотничье хозяйство. 2016. № 6. С. 9–13.
5. Логинов В. Ф., Лысенко С. А., Мельник В. И. Изменение климата Беларуси: причины, последствия, возможности регулирования. 2-е изд. Минск: Энциклопедикс, 2020. 264 с.
6. Государственный лесной кадастр Республики Беларусь на 01.01.2019. Минск: Белгослес, 2019. 63 с.
7. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь. Статистический сборник / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. Минск, 2021. 203 с.
8. Фёдоров Н. И. Лесная фитопатология. Минск: БГТУ, 2004. 462 с.
9. Массовое усыхание еловых лесов Беларуси на рубеже XX–XXI вв. и пути минимизации их последствий / А. А. Сазонов [и др.] // Лесное хозяйство. 2014. № 3. С. 9–12.
10. Гельтман В. С. Географический и типологический анализ лесной растительности Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1982. 326 с.
11. Мозолевская Е. Г., Катаев О. А., Соколова Э. С. Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса. М.: Лесная промышленность, 1984. 152 с.
12. Воронцов А. И., Мозолевская Е. Г., Соколова Э. С. Технология защиты леса. М.: Экология, 1991. 304 с.
13. Санитарные правила в лесах Республики Беларусь: утв. постановлением М-ва лесного хоз-ва Респ. Беларусь, 19 дек. 2016 г., № 79 (с изменениями: № 1 от 4 августа 2017 г.; № 2 от 5 марта 2019 г.). Минск: Минлесхоз, 2016. 31 с.

14. Хушназар Рахматуллозода Х. Р. Изменение свойств лесных почв под влиянием сельскохозяйственного пользования: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03. М., 2000. 126 л.
15. Фомина А. С. Изменение свойств дерново-подзолистых песчаных почв при прекращении антропогенного воздействия: дис. ... канд. с.-х. наук: 03.00.27. СПб. – Пушкин, 2005. 180 л.
16. Чалая Т. А. Запасы углерода в почвах и растительности постагрогенных ландшафтов южной тайги: дис. ... канд. биол. наук: 03.02.13. М., 2012. 148 л.

References

1. Baychorov V. M., Drobysh S. V., Dubovik D. V., Yermokhin M. V., Zharkina N. I., Zelenkevich N. A., Kadatskaya O. V., Kozulin A. V., Kudelskiy A. V., Kulikova Ye. Ya., Kukharchik T. I., Barsukova T. L., Lapa V. V., Loginov V. F., Martsinkevich G. I., Maslovskiy O. M., Matveev A. V., Makhnach A. A., Mikheeva T. M., Moroz M. D., Nikiforov M. Ye., Novitskiy R. V., Bogdevich I. M., Parfenov V. I., Plyuta M. V., Puhacheuski A. V., Puchilo A. V., Rudakovskiy I. A., Samusenko I. E., Sanets Ye. V., Semenchenko V. P., Skuratovich A. N., Sozinov O. V., Borodin O. I., Stepanovich I. M., Struk M. I., Sudnik A. V., Schastnaya I. I., Sysoy I. P., Tanovitskaya N. I., Usenya V. V., Ustin V. V., Khomich V. S., Tsvirko R. V., Buga S. V., Tsybulko N. N., Chaykovskiy A. I., Shabashova T. G., Shabeta M. S., Shakun V. V., Yurgenson N. A., Yatsukhno V. M., Yatsyna A. P., Vlasov B. P., Giginyak Yu. G., Grummo D. G., Drobenkov S. M., Nichiporovich S. A., Samuel S. P., Kovalenya A. A. *Priroda Belarusi na rubezhe tysyacheletiy* [The nature of Belarus at the turn of the millennium]. Minsk, Belaruskaya navuka Publ., 2020. 367 p. (In Russian).
2. Fedorov N. I., Sarnatskiy V. V. *Osobennosti formirovaniya yelovykh lesov Belarusi v svyazi s ikh periodicheskim massovym usykhaniyem* [Features of the formation of spruce forests in Belarus in connection with their periodic mass dying]. Minsk, Tekhnologiya Publ., 2001. 180 p. (In Russian).
3. Puhacheuski A. V., Barsukova T. L. Causal Analysis and Forest Typological Features of the Death of Tree Stands in the Forests of Belarus. *Sbornik nauchnykh trudov Instituta lesa Natsional'noy akademii nauk Belarusi* [Collections of Scientific Papers of the Forest Institute of the National Academy of Sciences of Belarus], Gomel', 2015, issue 75: Problems of Silviculture and Forest Management, pp. 586–596 (In Russian).
4. Sazonov A. A., Zvyagintsev V. B. “Biological fire” of pine forests. *Lesnoye i okhotnich'ye khozyaystvo* [Forestry and hunting], 2016, no. 6, pp. 9–13 (In Russian).
5. Loginov V. F., Lysenko S. A., Melnik V. I. *Izmeneniye klimata Belarusi: prichiny, posledstviya, vozmozhnosti regulirovaniya* [Climate Change in Belarus: Causes, Consequences, Regulatory Opportunities]. Minsk, Entsiklopediks Publ., 2020. 264 p. (In Russian).
6. *Gosudarstvennyy lesnoy kadastr Respubliki Belarus' na 01.01.2019* [State Forest Cadaster of the Republic of Belarus, 01.01.2019]. Minsk, Belgosles Publ., 2019. 63 p. (In Russian).
7. *Okhrana okruzhayushchey sredy v Respublike Belarus'. Statisticheskiy sbornik* [Environmental protection in the Republic of Belarus. Statistical compendium]. Minsk, 2021. 203 p. (In Russian).
8. Fedorov N. I. *Lesnaya fitopatologiya* [Forest phytopathology]. Minsk, BSTU Publ., 2004. 462 p. (In Russian).
9. Sazonov A. A., Kuhta V. N., Blintsov A. I., Zvyagintsev V. B., Yermokhin M. V. Mass drying up of spruce forests in Belarus at the turn of the 20th–21st centuries and ways to minimize their consequences. *Lesnoye khozyaystvo* [Forestry], 2014, no. 3, pp. 9–12 (In Russian).
10. Geltman V. S. *Geograficheskiy i tipologicheskiy analiz lesnoy rastitel'nosti Belorussii* [Geographical and typological analysis of forest vegetation in Belarus]. Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1982. 326 p. (In Russian).
11. Mozolevskaya E. G., Kataev O. A., Sokolova E. S. *Metody lesopatologicheskogo obsledovaniya ochagov stvolovykh vrediteley i bolezney lesa* [Methods of forest pathological examination of hotbeds of pests and diseases of the forest]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1984. 152 p. (In Russian).
12. Vorontsov A. I., Mozolevskaya E. G., Sokolova E. S. *Tekhnologiya zashchity lesa* [Forest protection technology]. Moscow, Ekologiya Publ., 1991. 304 p. (In Russian).
13. *Sanitarnyye pravila v lesakh Respubliki Belarus': utverzhdeny postanovleniyem Ministerstva lesnogo khozyaystva Respubliki Belarus', 19 dekabrya 2016 goda, № 79 (s izmeneniyami: № 1 ot 4 avgusta 2017 goda; № 2 ot 5 marta 2019 goda)* [Sanitary forest regulations in the Republic of Belarus. Decree of the Ministry of Forestry of the Republic of Belarus, December 19, 2016, no. 79 (with changes no. 1 from August 4, 2017, and no. 2 from March 5, 2019)]. Minsk, Minleskhoz Publ., 2016. 31 p. (In Russian).
14. Khushnazar Rakhmatullozoda Kh. R. *Izmeneniye svoystv lesnykh pochv pod vliyaniyem sel'skokhozyaystvennogo pol'zovaniya. Dissertatsiya kandidata sel'skokhozyaystvennykh nauk* [Changes in the properties of forest soils under the influence of agricultural use. Dissertation PhD (Agricuture)]. Moscow, 2000. 126 p. (In Russian).

15. Fomina A. S. *Izmeneniye svoystv dernovo-podzolistykh peschanykh pochv pri prekrashchenii antropogennogo vozdeystviya. Dissertatsiya kandidata sel'skokhozyaystvennykh nauk* [Changes in the properties of soddy-podzolic sandy soils upon the cease of anthropogenic impact. Dissertation PhD (Agricuture)]. St. Peterburg – Pushkin, 2005. 180 p. (In Russian).

16. Chalaya T. A. *Zapasy ugleroda v pochvakh i rastitel'nosti postagrogennykh landshaftov yuzhnoy taygi. Dissertatsiya kandidata biologicheskikh nauk* [Carbon stocks in soils and vegetation of postagrogenic landscapes of the southern taiga. Dissertation PhD (Biology)]. Moscow, 2012. 148 p. (In Russian).

Информация об авторах

Ермохин Максим Валерьевич – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории экологии леса и дендрохронологии. Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси (220072, г. Минск, ул. Академическая, 27, Республика Беларусь). E-mail: maxim.yermokhin@gmail.com

Сазонов Александр Александрович – начальник лесопатологической партии 1-й Минской лесостроительной экспедиции. РУП «Белгослес» (220089, г. Минск, ул. Железнодорожная, 27/1, Республика Беларусь). E-mail: lesopatolog@rambler.ru

Игнатьев Ярослав Константинович – младший научный сотрудник лаборатории экологии леса и дендрохронологии. Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси (220072, г. Минск, ул. Академическая, 27, Республика Беларусь). E-mail: ignatev.y.k@gmail.com

Information about the authors

Yermokhin Maxim Valer'evich – PhD (Biology), Leading Researcher, Laboratory of Forest Ecology and Dendrochronology. V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Science of Belarus (27, Akademicheskaya str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: maxim.yermokhin@gmail.com

Sazonov Aleksandr Aleksandrovich – Head of Forest Pathology Department of First Minsk Forest Inventory Expedition. Forest Inventory Republican Unitary Enterprise “Belgosles” (27/1, Zheleznodorozhnaya str., 220089, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lesopatolog@rambler.ru

Ignatiev Yaroslav Konstantinovich – Junior Researcher, the Laboratory of Forest Ecology and Dendrochronology. V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Science of Belarus (27, Akademicheskaya str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ignatev.y.k@gmail.com

Поступила 16.09.2022