

# ЛЕСНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ЛЕСОВОДСТВО

## FOREST ECOLOGY AND SILVICULTURE

---

УДК 630\*52:630\*228.8(630\*176.322.6):630\*11

Д. К. Гарбарук<sup>1</sup>, А. В. Углынец<sup>1</sup>, А. В. Судник<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Полесский государственный радиационно-экологический заповедник

<sup>2</sup>Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси

### СОСТОЯНИЕ ЧИСТЫХ ДРЕВОСТОЕВ СОСНЫ НА ЮГО-ВОСТОКЕ БЕЛАРУСИ В УСЛОВИЯХ ОТСУТСТВИЯ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В чистых сосновых насаждениях, произрастающих на территории зоны отчуждения Чернобыльской атомной электростанции и не подвергавшихся хозяйственному воздействию на протяжении 35 лет, за короткий промежуток времени (2014–2022 гг.) произошло резкое снижение устойчивости деревьев, поражение их вредителями и болезнями, что привело к образованию очагов усыхания древостоев. За 2016–2020 гг. погибло 4,6% насаждений сосновой формации, а очаги болезней и вредителей леса к 2020 г. охватили 6,3% ее площади. В 2022 г. индексы жизненного состояния чистых сосняков составляли 72,4–88,0%, средние баллы санитарного состояния насаждений – 1,40–2,58. Жизненное состояние древостоев сосны в очагах усыхания оценивалось индексами 5,8–75,0% (в среднем 38,8%), санитарного – 1,91–5,44 (в среднем 3,59). Лучшим состоянием характеризовались сосняки в изолированных лесных массивах с более богатыми почвами. Изменение показателей роста и продуктивности древостоев сосны, развитие в них очагов болезней и вредителей, а также гибель насаждений произошли под влиянием комплекса внешних факторов на фоне глобального потепления климата. В их основе лежало снижение влагообеспеченности территории, вызванное наложением локальной засухи 2014–2022 гг. на устойчиво пониженные уровни грунтовых вод еще до аварии на Чернобыльской АЭС. Развитию этих процессов способствовали широкое распространение чистых сосновых лесов искусственного происхождения на бывших сельскохозяйственных землях и радиоактивное загрязнение местности, определяющее особенности режима территории зоны отчуждения и ведения в ней лесохозяйственной деятельности.

**Ключевые слова:** Чернобыльская АЭС, зона отчуждения, сосновый древостой, продуктивность, санитарное состояние, фитопатогены, энтомофаги.

**Для цитирования:** Гарбарук Д. К., Углынец А. В., Судник А. В. Состояние чистых древостоев сосны на юго-востоке Беларуси в условиях отсутствия лесохозяйственной деятельности // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2025. № 1 (288). С. 24–36.

DOI: 10.52065/2519-402X-2025-288-3.

D. K. Garbaruk<sup>1</sup>, A. V. Uglyanets<sup>1</sup>, A. V. Sudnik<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Polesye State Radiation-Ecological Reserve

<sup>2</sup>V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus

### THE STATE OF PURE PINE STANDS IN THE SOUTH-EAST OF BELARUS IN THE ABSENCE OF FORESTRY ACTIVITY

In pure pine stands growing in the exclusion zone of the Chernobyl nuclear power plant and not subjected to forestry impact for 35 years, in a short period of time (2014–2022) there was a sharp decrease in the stability of trees and their damage by pests and diseases, which led to the formation of pockets desiccation and the death of forest stands. In 2016–2020, 4.6% of the stands of the pine formation died, and forest disease and pest outbreaks covered 6.3% of its area by 2020. In 2022, vital state indices of pure pine forests were 72.4–88.0%, average scores of sanitary condition of stands were 1.40–2.58. The vital state of pine stands in pine forests in the centers of desiccation was estimated by 5.8–75.0% (38.8% on average) and sanitary indices – 1.91–5.44 (3.59 on average). The best by pine stands condition was characterized in isolated forest areas with richer soils. Changes in the growth and productivity indicators of pine stands, the development of disease and pest centers in them and the death of stands were caused by the influence of a complex of external factors against the background of global climate warming. They were based on a decrease in the moisture supply of the territory caused by the imposition of a local drought in 2014–2022 on steadily lowered groundwater levels even

before the Chernobyl accident. The development of these processes was facilitated by the wide spread of pure pine forests of artificial origin on former agricultural lands and radioactive contamination of the area, determining the peculiarities of the exclusion zone territory regime and forestry activities in it.

**Keywords:** Chernobyl Nuclear Power Plant, exclusion zone, pine forest, productivity, sanitary condition, phytopathogens, entomopests.

**For citation:** Garbaruk D. K., Uglyanets A. V., Sudnik A. V. The state of pure pine stands in the south-east of Belarus in the absence of forestry activity. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2025, no. 1 (288), pp. 24–36 (In Russian).

DOI: 10.52065/2519-402X-2025-288-3.

**Введение.** На юго-востоке Беларуси, включая зону отчуждения (ЗО) Чернобыльской АЭС (ЧАЭС), последние десятилетия наблюдается увеличение среднегодовой температуры воздуха, физического испарения влаги, снижение увлажнения территории, рост частоты и глубины засушливых явлений [1–3]. Вследствие потепления и аридизации климата уменьшается количество осадков, понижаются уровни грунтовых вод, ухудшается влагообеспеченность почв весной, возникает острый дефицит почвенной влаги в летнее время. В лесах это ведет к ослаблению и снижению устойчивости деревьев, поражению их болезнями, вредителями, лесными пожарами, массовому усыханию и гибели древостоев, перераспределению лесопокрытой площади по породам и типам леса, снижению продуктивности и биоразнообразия лесных насаждений [4–6]. В перспективе в сосновых лесах ожидается изменение типологической структуры, класса бонитета и продуктивности насаждений в отдельных типах леса, прежде всего на автоморфных почвах [7–9].

В Беларуси для адаптации лесов к изменениям климата смоделирован комплекс хозяйственных мероприятий [6]. Под них не подпадает территория Полесского государственного радиационно-экологического заповедника (далее заповедник), функционирующего в границах ЗО ЧАЭС. Из-за высоких доз радиации лесохозяйственная деятельность осуществляется только на его периферии – в экспериментально-хозяйственной зоне, занимающей 67,9 тыс. га, или 31,3%, площади заповедника, и в ограниченных объемах. В связи с особенностями ведения лесного хозяйства в заповеднике рубки главного пользования на его территории не осуществлялись. Рубки промежу-

точного пользования в среднем ежегодно проводились на 75,6 га (5,0% от запланированной площади). Средняя годовая площадь рубок ухода составляла 56,2 га (5,5% от запланированного объема), в том числе прореживаний – 4,3 га (1,7%), проходных рубок – 51,9 га (6,8%). Выборочные санитарные рубки в среднем за год выполнялись на 15,6 га (3,3%), рубки обновления и формирования – на 3,8 га (10,9%). Прочие рубки ежегодно осуществлялись на 187,9 га (74,1%) в обеих функциональных зонах заповедника способом прокладки квартальных просек и создания противопожарных разрывов (67,9% от всех прочих) [10].

В условиях современного изменения климата одними из наиболее уязвимых являются чистые сосновые леса [11]. В заповеднике они занимают 48,1% площади сосновой формации и большей частью приурочены к сухим и свежим песчаным почвам [10, 12], наиболее подверженным дефициту почвенной влаги.

Цель исследования – дать оценку современному состоянию чистых сосновых древостоев в условиях ограниченной лесохозяйственной деятельности в юго-восточной части Беларуси на примере территории ЗО ЧАЭС.

**Основная часть.** В качестве оценок состояния сосновых лесов использовали показатели текущих изменений параметров роста и продуктивности древостоев сосны, их жизненности и санитарного состояния.

Изучение текущих изменений таксационных показателей выполнены в чистых сосновых насаждениях разного происхождения на 8 постоянных пунктах наблюдения (ППН) радиационно-экологического мониторинга лесных экосистем ЗО ЧАЭС (табл. 1).

Таблица 1

Местонахождение ППН и даты таксации древостоев сосны

Шифр ППН	Лесничество	Квартал / выдел	Площадь ППН, га	Географические координаты		Дата таксации	
				широта (N)	долгота (E)	предыдущая	текущая
Вр-1	Воротецкое	29 / 19	0,25	51°45'31,5"	30°00'46,9"	20.06.2014	01.07.2021
Вс-1	Верхнеслободское	33 / 21	0,25	51°37'25,7"	30°12'23,3"	13.08.2014	28.07.2021
Гн-1	Оревичское	43 / 18	0,25	51°38'58,3"	29°48'25,5"	19.08.2016	01.07.2022
Кл-1	Крюковское	26 / 9	0,25	51°33'17,1"	30°13'34,9"	27.09.2017	30.07.2021
Кл-2	Крюковское	24 / 15	0,25	51°33'21,3"	30°13'11,7"	28.09.2017	08.06.2022
Кр-1	Крюковское	43 / 1	0,25	51°31'51,8"	30°10'41,7"	17.05.2018	23.06.2022
Мс-1	Радинское	132 / 6	0,25	51°30'27,4"	30°01'49,6"	20.07.2016	02.07.2021
Пг-1	Бабчинское	53 / 8	0,25	51°36'05,3"	29°54'33,5"	18.08.2016	24.06.2022

Закладку ППН осуществляли в 2014–2018 гг. в соответствии с *Техническим кодексом устоявшейся практики 498-2013 (02080) “Радиационный мониторинг лесного фонда. Закладка постоянного пункта наблюдения. Порядок проведения” (Беларусь)*. Первая таксация древостоев выполнена в год закладки ППН, повторная – в 2021–2022 гг.

Срок между наблюдениями в отдельных насаждениях составил от 4 до 7 лет. Отметим, что в данный промежуток времени в восточной части Полесья наблюдалось масштабное усыхание сосняков, вызванное вспышками массового размножения стволовых вредителей с доминированием вершинного короёда, пик которого пришелся на 2018 г., и распространением корневой губки [13].

Таксацию древостоев и определение таксационных показателей производили в соответствии с методами, описанными в источниках [14, 15]

с использованием справочника [16]. Результаты таксации и параметры изменений таксационных показателей древостоев сосны приведены в табл. 2.

Направления и темпы изменений сосновых древостоев оценивали по разнице показателей их роста и продуктивности на первую и вторую даты наблюдений.

Исследования жизненного и санитарного состояния древостоев выполняли в 2022 г. на 11 пунктах наблюдения (ПН) и 46 точках учета 7 мониторинговых маршрутов (ММ) общей протяженностью 25,8 км (рисунок), заложенных в рамках организации *комплексного мониторинга лесных экосистем на территории с высоким уровнем радиоактивного загрязнения* (КМЛЭРЗ), а также по материалам лесоустройства [10] и литературным данным.

Таблица 2

Изменение таксационных показателей древостоев сосны

Шифр ППН	Год таксации	Тип леса / ТЛУ	Состав древостоя	Возраст, лет	Средние		Бонитет	Густота, шт./га	Сумма площадей сечений, м <sup>2</sup> /га	Полнота	Запас, м <sup>3</sup> /га
					высота, м	диаметр, см					
Вр-1	2014	Сосняк вересковый / А <sub>1-2</sub>	10С	73	21,3	28,5	II	596	37,9	1,09	389
	2021		10С	80	23,5	30,7		524	38,5	1,00	410
Изменение, ± %			–	+7	+2,2	+2,2	–	–72	+0,6	–0,09	+21
			–	–	+10,3	+7,7		–12,1	+1,6	–8,3	+5,4
Кл-2	2017	Сосняк мшистый / А <sub>2</sub>	10С	75	26,5	33,6	I	564	49,9	1,2	581
	2022		10С	80	25,8	33,0		552	47,2	1,2	531
Изменения, ± %			–	+5	–0,7	–0,6	–	–12	–2,7	0	–50
			–	–	–2,6	–1,8		–2,1	–5,4	0	–8,6
Вс-1	2014	Сосняк черничный / А <sub>3В<sub>3</sub></sub>	9С1Б	61	25,6	32,5	I	469	38,9	1,20	439
	2021		10С+Б,Ос	68	26,9	35,5		432	38,1	1,00	436
Изменение, ± %			–	+7	+1,3	+3,0	–	–37	–0,8	–0,20	–3
			–	–	+5,1	+9,2		–7,9	–2,1	–16,7	–0,7
Мс-1	2016	Сосняк мшистый / А <sub>2</sub>	10С	41	13,4	11,9	II	2912	32,3	1,07	221
	2021		10С	46	14,8	12,9		2572	33,8	0,99	285
Изменение, ± %			–	+5	+1,4	+1,0	–	–340	+1,5	–0,08	+64
			–	–	+10,4	+8,4		–11,7	+4,6	–7,5	+29,0
Гн-1	2016	Сосняк мшистый / А <sub>2</sub>	10С	49	16,0	15,4	II	2316	46,4	1,46	356
	2022		10С	55	20,4	17,7	I	1852	45,8	1,22	427
Изменения, ± %			–	+6	+4,4	+2,3	+I	–464	–0,6	–0,24	+71
			–	–	+27,5	+14,9	–	–20,0	–1,3	–16,4	+19,9
Кл-1	2017	Сосняк мшистый / А <sub>2</sub>	10С	49	14,8	15,0	II	2304	51,6	1,54	452
	2021		10С	53	15,5	15,4		2052	38,0	1,10	329
Изменение, ± %			–	+4	+0,7	+0,4	–	–252	–13,6	–0,44	–123
			–	–	+4,7	+2,7		–10,9	–26,4	–28,6	–27,2
Кр-1	2018	Сосняк мшистый / А <sub>2</sub>	10С	45	15,9	17,5	II	1969	47,7	1,45	375
	2022		10С	49	17,1	17,9		1820	45,7	1,28	382
Изменения, ± %			–	+4	+1,2	+0,4	–	–149	–2,0	–0,17	+7
			–	–	+7,5	+2,3		–7,6	–4,2	–11,7	+1,9
Пг-1	2016	Сосняк мшистый / А <sub>2</sub>	10С	54	18,2	16,9	II	2304	51,6	1,54	452
	2022		10С	60	17,8	16,8		256	5,7	0,2	51
Изменения, ± %			–	+6	–0,4	–0,1	–	2050	–45,9	–1,52	–401
			–	–	–2,2	–0,6		–89,0	–89,0	–99,7	–88,7

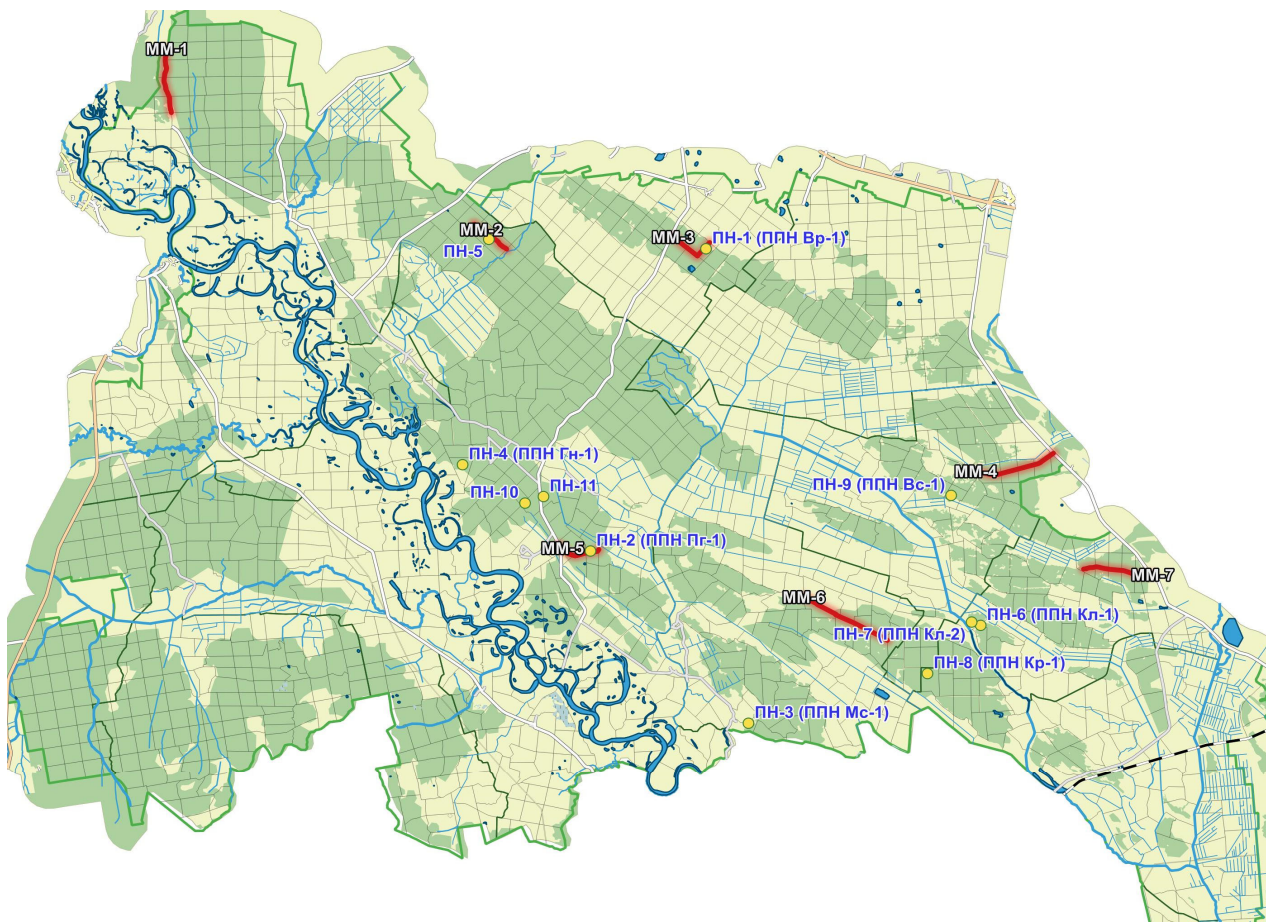


Схема расположения объектов исследования

В качестве ПН КМЛЭРЗ использовали 8 ППН радиационно-экологического мониторинга и 3 дополнительно заложенных ПН – один в сосняке вересковом, два в сосняках черничных. Точки учета для наблюдения за очагами усыхания насаждений на мониторинговых маршрутах расположены в разных лесных массивах.

Жизненное состояние древостоев на ПН и точках учета рассчитывали через индекс их состояния по формуле [17]

$$ИС = \frac{100n_1 + 70n_2 + 40n_3 + 5n_4}{N}, \quad (1)$$

где ИС – индекс жизненного состояния древостоя;  $n_1, n_2, n_3, n_4$  – количество здоровых (без признаков ослабления), ослабленных, сильно ослабленных, усыхающих деревьев соответственно;  $N$  – общее количество деревьев (включая сухостой).

Отнесение насаждений к категориям жизненного состояния осуществляли на основе модифицированной шкалы В. А. Алексева [17], в соответствии с которой древостой с индексом состояния 90–100% относится к категории здоровых, 80–89% – здоровых с признаками ослабления, 70–79% – ослабленных, 50–69% – поврежденных, 20–49% – сильно поврежденных, менее 20% – разрушенных.

Санитарное состояние древостоев на ПН и в точках учета определяли по средневзвешенной категории состояния (средний балл состояния), рассчитываемой по формуле

$$L_n = \frac{\sum lkn}{N}, \quad (2)$$

где  $L_n$  – средневзвешенная категория состояния (средний балл состояния) насаждения;  $lk$  – балл деревьев для определения категории состояния (1 – без признаков ослабления; 2 – ослабленные; 3 – сильно ослабленные; 4 – усыхающие; 5 – свежий сухостой; 6 – старый сухостой);  $n$  – количество деревьев данной категории состояния;  $N$  – количество деревьев на ПН КМЛЭРЗ или в точке учета. Периодически повторяющаяся массовая гибель лесов в Беларуси во многом определена цикличностью погодно-климатических условий, главным образом засушливых явлений [11]. На фоне глобального потепления климата последнее усыхание сосновых лесов в Полесье вызвано комплексом факторов, включающих широкомасштабные гидротехнические мелиорации земель в прошлом, снижение уровней грунтовых вод, нарушение гидрологического режима почв, увеличение притока прямой солнечной радиации, обеспечивших дефицит почвенной влаги и обусловивших

ослабление насаждений и поражение их корневыми гнилями и энтомофитами, прежде всего стволовыми [7, 18]. Установлено, что наиболее восприимчивы к стволовым вредителям чистые сосняки мшистые Ia и I классов бонитета старше 40 лет независимо от происхождения [13]. Пик массовой гибели сосновых лесов пришелся на 2018 г. как в регионе [13], так и в ЗО ЧАЭС [10].

Усыхание и отпад деревьев в чистых сосняках ЗО ЧАЭС происходили по-разному.

**Сосняки естественного происхождения** вересковый (ППН Вр-1) и мшистый (ППН Кл-2) на дату закладки ППН были чистыми по составу, в сосняке черничном (ППН Вс-1) присутствовала примесь березы (10%). Их древостои в 61–75-летнем возрасте были высокополнотными (1,09–1,2) густотой 469–596 шт./га со стволовыми запасами 390–580 м<sup>3</sup>/га. В каждом из этих насаждений в той или иной мере проявились процессы усыхания. За 5–7 лет в них погибло от 2,1 до 12,1% деревьев, что повлекло за собой определенные изменения в таксационных характеристиках древостоев (табл. 2).

В чистом 80-летнем сосняке вересковом (ППН Вр-1) за 7 лет произошло усыхание 12,1% деревьев преимущественно на западной границе ППН, находящейся на окраине очага усыхания смежного древостоя, в основном по причине ослабления и потери резистентности в связи с многолетней засухой, дефицитом почвенной влаги и последующим заселением стволовыми вредителями. Вследствие изреживания относительная полнота древостоя снизилась до нормальной. При этом увеличились средние показатели роста деревьев в высоту (на 10,3%) и по диаметру (на 7,7%), а также абсолютная полнота древостоя (на 0,6%). В результате этих изменений был обеспечен несущественный (+5,4%) прирост стволового запаса.

В 80-летнем сосняке мшистом (ППН Кл-2) за 5 лет выпало всего 2,1% деревьев на северо-восточной окраине ППН (граница очага). При этом понизились все таксационные показатели древостоя, кроме полноты, сохранившейся на том же уровне за счет синхронного снижения высоты и суммы площадей сечений. Стволовый запас сократился на 50 м<sup>3</sup>/га, или на 8,6%.

В 68-летнем сосняке черничном (ассоциация орляково-черничная) (ППН Вс-1) за 7 лет ощутимо снизилось количество деревьев (на 7,9%), а относительная полнота древостоя уменьшилась до полноты нормального насаждения. В его составе сократилась доля березы вследствие ветровала деревьев и появилась осина за счет выхода отдельных ее растений в основной ярус. В целом общая доля примеси мелколиственных пород незначительно уменьшилась. Диаметр деревьев сосны увеличился – на 9,2%, высота – на 5,1%.

Прирост высоты соответствовал развитию нормального насаждения. Но так как прирост по диаметру не компенсировал потерю площади поперечного сечения стволов отмерших деревьев, то сумма площадей сечений живых стволов незначительно сократилась, что не позволило древостою нарастить стволовый запас.

В 2014–2018 гг. 41–54-летние **сосняки мшистые искусственного происхождения** были большей частью перегушенными (1969–2912 шт./га), высокополнотными (1,07–1,54), со стволовыми запасами древесины 221–452 м<sup>3</sup>/га. За 4–6 лет их древостой значительно изредился как за счет естественного отпада деревьев (ППН Мс-1, Гн-1), так и в результате очагового их усыхания (ППН Кл-1, Кр-1), в которых отпало 149–464 (7,6–20,0%) деревьев. На ППН Пг-1 древостой деградировал до состояния редины с полнотой 0,2. Сохранившиеся от прежнего насаждения 11,0% деревьев характеризуются несколько пониженными показателями средней высоты и диаметра, а их запас уменьшился на 88,7%.

Изреживание древостоев и сопутствующее ослабление внутривидовой конкуренции привело к стимулированию роста оставшихся деревьев, прежде всего по диаметру. В древостоях ППН Мс-1 и Гн-1 их средняя высота за 5 и 6 лет увеличились на 10,4 и 27,5%, диаметр – на 8,4 и 14,9 соответственно. Самый высокий прирост деревьев в высоту и по диаметру оказался в наиболее сильно изредившемся насаждении (ППН Гн-1). Отклонения абсолютной полноты древостоев были небольшими (+4,6% и –1,3%). Значимое уменьшение их относительной полноты (на 7,5 и 16,4%) не являлось критическим – она не опустилась ниже уровней нормальных насаждений. В итоге за счет существенного прироста деревьев запасы стволовой древесины выросли на 29 и 20%.

В насаждениях, подверженных усыханию деревьев из-за внешних воздействий, густота древостоев за 4 года снизилась на 7,6 и 10,9%, средние высоты выросли на 7,5 и 4,7%, средние диаметры увеличились на 2,3 и 2,7%. Сумма площадей сечений деревьев сократилась на 4,2 и 26,4%. Относительная полнота уменьшилась на 11,7 и 28,6%, но продолжала оставаться высокой – 1,28 и 1,10. Стволовый запас или не изменился (+1,9%) или резко снизился (–27,2%). Тем не менее древостои остаются перегушенными и достаточно продуктивными.

Более информативно изреживание древостоев оценивают темпы (скорость) усыхания деревьев. В исследованных насаждениях они составляли 2–77 шт./год (0,4–3,3%/год), в более редких средневозрастных и припевающих насаждениях естественного происхождения – 2–10 деревьев (0,4–1,7%) в год, в том числе в сосняке мшистом – 0,4% в год, в черничном –

1,1% и в вересковом – 1,7%. В перегущенных сосняках мшистых III класса возраста искусственного происхождения скорость усыхания деревьев варьировала в пределах 30–77 шт./год (1,3–3,3%). Выявлена слабая корреляция Пирсона ( $R = 0,49$ ) между темпами изреживания древостоев и их густотой на начало наблюдений. Изреживание древостоев и увеличение их средних диаметров и высот происходило разными темпами, что по-разному отразилось на изменении сумм площадей сечений древостоев. Последние снижались при опережении темпов отпада деревьев над скоростью их прироста по диаметру. Относительные полноты древостоев уменьшились во всех насаждениях, но не опустились ниже 1.

Приспевающие сосняки вересковый и черничный естественного происхождения и 49–55-летние сосняки мшистые искусственного происхождения после 35-летнего отсутствия лесохозяйственной деятельности по величинам стволовых запасов были близки к данным таблиц хода роста нормальных сосновых насаждений, а 80-летнее естественное насаждение и 60-летние культуры сосняка мшистого существенно превышали значения запасов этих таблиц (табл. 3).

Таблица 3

**Сравнение запасов древостоев на ППН с запасами нормальных сосновых древостоев**

ППН	Тип леса	Происхождение	Возраст, лет	Стволовой запас, м <sup>3</sup> /га			
				на ППН	по таблицам хода роста		
					[16]	[19]	[15]
Вр-1	С. вер.	Естественное	80	410	395	422	433
Вс-1	С. чер.	Естественное	68	436	438	464	466
Кл-2	С. мш.	Естественное	80	531	395	391	432
Мс-1	С. мш.	Искусственное	46	285	250	247	326*
Кр-1	С. мш.	Искусственное	49	382	265	272	395*
Кл-1	С. мш.	Искусственное	53	329	284	290	346*
Гн-1	С. мш.	Искусственное	55	427	293	299	425*
Пг-1а	С. мш.	Искусственное	60	530	316	321	447*

\* Запас древостоев искусственного происхождения.

Очевидно, что естественное развитие чистых сосновых насаждений при отсутствии внешних

воздействий ведет к формированию нормальных древостоев независимо от их происхождения.

Массовое региональное усыхание сосновых лесов в 2015–2018 гг. [13] в значительной мере затронуло и территорию ЗО ЧАЭС. За 4–7 лет из 8 исследуемых древостоев сосны один полностью распался, в пяти наблюдались очаговые усыхания деревьев и только в двух протекали процессы естественного отпада деревьев.

Рассмотрим масштабы повреждений и гибели лесов сосновой формации в заповеднике (ЗО ЧАЭС), в котором она занимает 39,3% лесопокрытой площади [10]. В ее составе доминирует экологическая группа (субформация) суходольных сосняков (99,8% площади формации), представленная большей частью вересковым, мшистым и черничным типами леса (86,6%) [12]. В возрастном аспекте преобладают средневозрастные насаждения при значительном участии молодняков и приспевающих древостоев (табл. 4).

В связи с неблагоприятными погодными условиями биологическая устойчивость лесов в восточной части Полесья в 2017–2019 гг. резко снизилась. В ряде лесхозов этого региона удельный вес древостоев сосны I класса биологической устойчивости находился на уровне 47,4–68,8%, в то же время площадь насаждений III класса биологической устойчивости уменьшилась на 4,3% [13].

В сосновой формации наиболее высокой устойчивостью обладают сосняки естественного и искусственного происхождения на бывших лесных землях. Далее она последовательно понижается в насаждениях сосны естественного происхождения на бывших сельскохозяйственных землях и в насаждениях искусственного происхождения на бывших сельскохозяйственных землях, а также со снижением доли примеси в составе древостоев независимо от перечисленных выше категорий [11]. В ЗО ЧАЭС более половины сосновых лесов, произрастающих преимущественно на бывших сельскохозяйственных землях, имеет искусственное происхождение (табл. 4). Эти насаждения находятся в «группе риска» по отношению к воздействию неблагоприятных экологических факторов.

Таблица 4

**Возрастная структура суходольных сосняков (по [12])**

Класс возраста	I	II	III	IV	V	VI	VII и выше	Итого
Группа возраста	Молодняки		Средневозрастные	Приспевающие	Спелые		Перестойные	
Всего, га	6011,9	10 374,9	21 986,7	10 220,0	3275,7	401,9	60,4	52 331,9
%	11,5	19,8	42,0	19,5	6,3	0,8	0,1	100,0
В том числе искусственного происхождения, %	5,5	15,0	26,3	5,6	0,5	–	–	52,9

Согласно материалам лесоустройства заповедника [10] насаждения сосны I класса биологической устойчивости на 2020 г. занимали 86,8% площади формации, II класса – 10,1%, III класса – 3,1%. Опираясь на критерии удовлетворительного состояния лесных формаций (доля древостоев I класса биологической устойчивости должна превышать 85%, II и III классов составлять менее 15 и 0,5% соответственно [20]), можно говорить о повышении устойчивости сосновых древостоев в ЗО ЧАЭС. На стабилизацию лесопатологических процессов к 2020 г. на смежных с ней территориях указывается в работе [13].

**Жизненное состояние насаждений.** Индексы жизненного состояния древостоев сосны на 11 ПН КМЛЭРЗ варьировали в пределах от 72,4 (ослабленные) до 88,0% (здоровые с признаками ослабления), составляя в среднем 82,7% (табл. 5). К категории ослабленных были отнесены по одному насаждению сосняков верескового и мшистого, остальные 9 (81,8%) древостоев – к категории здоровых с признаками ослабления.

Индексы жизненного состояния древостоев сосны в очагах усыхания изменяются в широком диапазоне значений (5,8–75,0%) и относятся к категориям ослабленных (2,2%), поврежденных (8,7%), сильно поврежденных (84,8%) и разрушенных (4,3%), в среднем составляя 39% (табл. 5) и соответствуя в целом категории сильно поврежденных древостоев.

Анализ жизненного состояния древостоев сосны в очагах усыхания по отдельным лесным массивам (лесничествам) на мониторинговых маршрутах, указывает на некоторые различия ин-

дексов их состояния в зависимости от территориальной локализации (рисунок (см. с. 27), табл. 6). Наиболее низкий средний индекс жизненного состояния древостоев в очагах усыхания выявлен на крайнем северо-западе заповедника (Тулговичское лесничество) – 31,7%. Юго-восточнее, в центре и на юге заповедника (Новопокровское, Бабчинское и Радинское лесничества) он повышается до 34,8–37,3%. На севере (Воротецкое лесничество) и востоке (Верхнеслободское и Крюковское лесничества) заповедника индексы жизненного состояния древостоев возрастают до 42,7–47,1%. Вероятно, ослабление деревьев сосны началось с юго-востока и шло в направлении северо-запада заповедника. В данный момент его очаги на юго-востоке стабилизировались, а на северо-западе этот процесс продолжается. Что касается соснового массива Воротецкого лесничества, то он, с одной стороны, характеризуется более богатыми почвами [21], с другой – является обособленным, окруженным лиственными лесами, кустарниками, луговыми и болотными сообществами.

**Санитарное состояние насаждений.** До аварии на ЧАЭС примыкающие к ней леса характеризовались высоким уровнем санитарно-оздоровительных и лесозащитных мероприятий, а сосновые древостои в современных границах заповедника обладали высокой биологической устойчивостью, выраженной средними баллами их состояния 1,2–1,7 [22]. После прекращения лесохозяйственной деятельности в связи с аварией на ЧАЭС произошло значительное ухудшение состояния насаждений данной породы.

Таблица 5

## Статистические показатели состояния сосновых древостоев

Состояние древостоя	Место учета	<i>n</i>	min–max	$M \pm m$	$Ci$	$\sigma$	$Cv$	<i>p</i>	<i>Me</i>
Жизненное	Пункты наблюдения	11	72,4–88,0	82,7 ± 1,4	79,6–85,9	4,7	5,7	1,7	82,7
	Очаги усыхания	46	5,8–75,0	38,8 ± 1,7	35,4–42,3	11,5	29,5	4,4	39,5
Санитарное	Пункты наблюдения	11	1,40–2,58	1,72 ± 0,11	1,48–1,97	0,36	20,8	6,3	1,59
	Очаги усыхания	46	1,91–5,44	3,59 ± 0,09	3,41–3,76	0,58	16,2	2,4	3,55

*Примечание.* *n* – количество наблюдений; min и max – минимальное и максимальное значения; *M* – среднее арифметическое значение;  $\pm m$  – стандартная ошибка среднего значения;  $Ci$  – доверительный интервал на 95%-ном уровне значимости;  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение;  $Cv$  – коэффициент вариации, %; *p* – точность определения средней арифметической, %; *Me* – среднее срединное значение, медиана.

Таблица 6

## Показатели состояния древостоев сосны в очагах усыхания

Номер мониторингового маршрута	Лесничество	Количество точек учета	Индекс жизненного состояния, %		Балл санитарного состояния	
			пределы	средний	пределы	средний
1	Тулговичское	8	5,8–54,1	31,7	2,90–5,44	4,01
2	Новопокровское	8	20,8–41,6	34,8	3,33–4,33	3,68
6	Радинское	5	31,6–45,2	36,9	3,26–3,68	3,71
5	Бабчинское	5	27,7–44,0	37,0	3,33–4,17	3,68
3	Воротецкое	9	27,3–58,2	43,7	2,49–4,18	3,32
7	Крюковское	6	35,2–48,3	42,7	3,18–3,79	3,43
4	Верхнеслободское	5	42,5–75,0	47,1	1,91–3,69	3,23
Все	–	46	5,8–75,0	39,1	1,91–5,44	3,58

В 2017 г. средний индекс санитарного состояния основных древостоев в 30-километровой зоне ЧАЭС снизился на 43,7% и варьировал в зависимости от типа леса, рельефа местности, изменения уровней грунтовых вод. Наиболее устойчивыми оказались сосняки мшистые, произрастающие в средней части склона холма (индекс санитарного состояния 2,15), и сосняки лишайниковые, находящиеся на его вершине (2,46). Наименьшей устойчивостью характеризовались сосняки мшистые на ровных участках, подвергшиеся нападению короеда (3,41–3,93), и сосняки осоковые, произрастающие в понижениях и испытавшие резкое понижение уровня грунтовых вод (3,52). Средний балл санитарного состояния сосняка черничного, локализованного в нижней части склона, составлял 2,64 [23, 24].

Современные средние баллы санитарного состояния древостоев сосны на ПН КМЛЭРЗ находятся в диапазоне 1,40–2,58 (в среднем 1,72) (см. табл. 5), в том числе в двух сосняках вересковых – 1,67–2,58 (2,12), в шести сосняках мшистых – 1,40–2,13 (1,60), в трех сосняках черничных – 1,51–1,94 (1,71).

Средние баллы санитарного состояния древостоев сосны в очагах усыхания варьируют от 1,91 в ослабленных и находящихся на начальной стадии усыхания древостоях до 5,44 – в разрушенных. Достаточно надежно (с точностью 2,4%) их характеризует среднеарифметический балл санитарного состояния насаждений (3,59), совпадающий с медианным – 3,55 (табл. 5).

В очагах усыхания основных древостоев на 6 маршрутах из 7 зарегистрированы относительно близкие средние баллы санитарного состояния насаждений (3,23–3,71), а распределение массивов по данному индексу в пространственном аспекте повторяет их территориальную локализацию по индексу жизненного состояния (табл. 6).

По данным лесоустройства [10] площадь основных лесов с нарушенной и утраченной устойчивостью в заповеднике в 2020 г. составляла 10 919,7 га. Вызвавшими их причинами названы вредители (7693,5 га, или 70,5% площади формации) и болезни (1141,0 га, или 10,4%) леса, лесные пожары (154,8 га, или 1,4%) и прочие повреждения (ветровалы, буреломы, снеголомы и др.), обусловленные изменением погодных-климатических условий (1930,4 га, или 17,7%).

В основе нарушения биологической устойчивости насаждений сосны и ее утраты лежит физиологическое ослабление деревьев и снижение резистентности к неблагоприятному воздействию внешних факторов в результате ухудшения влагообеспеченности территории. По данным научно-исследовательской станции Масаны, расположенной на территории ЗО ЧАЭС, за 9 лет локальной засухи (2014–2022 гг.) в сравнении с

предыдущим периодом (1997–2012 гг.) произошло повышение среднегодовой температуры воздуха на 1°C, что при уменьшении среднегодового количества осадков на 3,8% привело к снижению коэффициента увлажнения территории в среднем на 20% (табл. 7).

Таблица 7

**Показатели тепло- и влагообеспеченности территории зоны отчуждения ЧАЭС**

Год, период	Метеорологический показатель		
	средняя температура воздуха, °C	количество осадков, мм	коэффициент увлажнения территории по Иванову
1997–2012 (по [25])	7,8	609	1,05
2013	8,2	782	1,47
2014	8,4	450	0,65
2015	8,7	454	0,54
2016	8,7	722	1,08
2017	8,4	652	1,04
2018	8,7	557	0,70
2019	9,3	377	0,55
2020	10,0	622	0,91
2021	8,2	519	0,75
2022*	8,4	698	0,87
2014–2022	8,8	586	0,79

\*По данным метеостанции Брагин.

Накопленный дефицит почвенной влаги на автоморфных почвах обусловил сильное ослабление деревьев сосны, что привело к интенсивному размножению болезней и вредителей леса, образованию и расширению их очагов. В сосновых лесах ЗО ЧАЭС их площадь возрастала с 2016 г., достигнув в 2020 г. 3283 га. Особенно быстро увеличивались очаги вредителей леса, на которые к концу периода приходилось 65,4% площади, в то время как площадь очагов болезней леса (34,6%), включая преобладающую среди них корневую губку (96,6% от площади очагов болезней), оставалась относительно стабильной (табл. 8).

Таблица 8

**Площадь очагов вредителей и болезней за 2016–2020 гг., га (по [10])**

Показатель	Год				
	2016	2017	2018	2019	2020
Всего вредителей и болезней лесов	1290	2062	2798	2887	3283
В том числе:					
вредителей лесов	21	885	1655	1741	2146
болезней лесов	1269	1177	1143	1146	1137
из них корневой губки	1212	1120	1086	1108	1099



В 2017–2019 гг. сосняки поражали в основном стволовые вредители, среди которых доминировал вершинный короед. К 2019 г. темпы их расширения существенно снизились. Распространение большого соснового лубоеда было мало значимым и стабильным, его очаги не прогрессировали. Сосняки, пораженные хвоегрызущими вредителями, были выявлены на несущественных площадях. Среди болезней леса доминировала корневая губка, смоляной рак сосны встречался на небольших участках (табл. 9).

Таблица 9  
Площадь очагов вредителей и болезней по видам за 2017–2019 гг., га (по [10])

Показатель	Год		
	2017	2018	2019
Общая площадь очагов вредителей леса	865,6	1637,5	1723,2
В том числе:			
вершинного короеда	865,1	1637,0	1722,7
большого соснового лубоеда	0,5	0,5	0,5
Общая площадь очагов болезней леса	1127,7	1093,2	1110,1
В том числе:			
корневой губки	1120,5	1086,0	1108,2
смоляного рака	7,2	7,2	1,9

В 2016–2020 гг. в ЗО ЧАЭС погибло более 3,5 тыс. га сосновых насаждений, в том числе от болезней лесов – 31% этой площади, от вредителей – 69% (табл. 10).

Таблица 10  
Динамика площадей погибших сосновых насаждений за 2016–2020 гг., га (по [10])

Показатель	Год					
	2016	2017	2018	2019	2020	2016–2020
Всего погибло лесных насаждений	2	992	1133	519	886	3532
В том числе:						
от болезней лесов	2	102	253	329	408	1094
от вредителей лесов	0	890	880	190	478	2438

Размножению и расселению энтомо-вредителей и распространению болезней способствовали высокая доля чистых одновозрастных древостоев сосны искусственного происхождения, большей частью произрастающих на бывших сельскохозяйственных землях [12], невозможность утилизации порубочных остатков огнем способом из-за высокого загрязнения территории радионуклидами, высокая захламленность сосновых насаждений и низкие объемы санитарно-оздоровительных мероприятий [10].

Обработка таксационных материалов показала, что средняя захламленность сосновых лесов

заповедника на автоморфных почвах в 2020 г. составляла 1,6 м<sup>3</sup>/га, в том числе непосредственно захламленных – 6,4 м<sup>3</sup>/га, количество сухостоя – 2,6 и 8,2 м<sup>3</sup>/га соответственно. В сосняке черничном эти показатели составляли 0,8 и 7,2 м<sup>3</sup>/га, 1,7 и 12,0 м<sup>3</sup>/га соответственно. За ревизионный период объем выборочных санитарных рубок в заповеднике выполнен на 3,3% по площади и на 8,4% – по ликвидному запасу от запланированного. Очистка леса от захламленности при проектированном ежегодном объеме 44,0 га и объеме заготовки древесины 700 м<sup>3</sup> составила всего 7,9 га (18,0% от запланированного) с заготовкой 300 м<sup>3</sup> древесины (2,8%), или 38 м<sup>3</sup>/га. В период массового усыхания древостоев (2017–2019 гг.) биологические меры защиты лесов применены на 192 га, выборочные санитарные рубки – на 41,3 га, уборка захламленности – на 2,5 га, сплошные санитарные рубки – на 340,2 га, химическая обработка заготовленной древесины в лесу – на 4580 м<sup>3</sup> [10].

**Заклучение.** За время локальной засухи 2014–2022 гг. в чистых сосняках ЗО ЧАЭС в условиях почти полного отсутствия лесохозяйственной деятельности на протяжении 35 лет произошло сильное ослабление и снижение устойчивости деревьев, поражение их вредителями и болезнями, что привело к образованию очагов поражения древостоев, ухудшению их жизненного и санитарного состояния и массовой гибели.

За короткий период древостои сосны резко изредились. Интенсивность этого процесса зависела от силы влияния внешних факторов. Направления и величины изменений показателей роста и продуктивности древостоев определялись соотношением скорости отпада деревьев с темпами прироста сохранившихся растений. Большинство древостоев продолжает оставаться густыми и высокополнотными. По полнотам и стволовым запасам они соответствуют или приближаются к «нормальным» насаждениям сосны.

Древостои сосны в 2022 г. по жизненному состоянию в среднем оценивались как здоровые с признаками ослабления, в очагах усыхания – от ослабленных до разрушенных. Санитарное состояние их характеризовалось средними баллами 1,40–2,58, в очагах усыхания – 1,91–5,44.

Показатели жизненного и санитарного состояния древостоев сосны в очагах усыхания большинства лесных массивов были близкими и незначительно улучшались с юго-востока на северо-запад. Положительное влияние на их состояние оказывали изолированность массивов и более высокое плодородие почв.

За 2016–2020 гг. погибло 4,6% сосновых насаждений от площади сосновой формации, а очаги болезней и вредителей к 2020 г. распространились на 6,3% ее площади.

Ослабление деревьев сосны, ухудшение состояния и гибель ее древостоев в ЗО ЧАЭС произошло в результате воздействия комплекса факторов: снижения влагообеспеченности территории, обусловленного понижением уровня грунтовых вод, вызванного широкомасштабной гидротехнической мелиорацией болот и заболоченных земель в дочернобыльское время и воздействием локальной засухи; поражения насаждений стволовыми вредителями и болезнями; преобладания чистых древостоев сосны искусственного происхождения на бывших сельскохозяйственных землях; оставления на перегнивание загрязненных радионуклидами порубочных остатков;

отсутствия санитарно-оздоровительных и защитных мероприятий в заповедной зоне и крайне низких их объемов в экспериментально-хозяйственной.

Для поддержания жизненного и санитарного состояния сосняков в ЗО ЧАЭС на должном уровне необходимо обеспечивать выполнение всего запроектированного комплекса санитарно-оздоровительных мероприятий в лесах заповедника и в последующем внедрять и осуществлять комплексный мониторинг лесных экосистем на территории с сильным уровнем радиоактивного загрязнения с использованием дистанционных методов лесопатологического надзора.

### Список литературы

1. Логинов В. Ф., Лысенко С. А., Мельник В. И. Изменение климата Беларуси: причины, последствия, возможности регулирования. Минск: Энциклопедикс, 2020. 264 с.
2. Бровка Ю. А., Буяков И. В. Изменение гидротермического коэффициента и повторяемости экстремальных условий увлажнения на территории Беларуси в период потепления климата // Природопользование. 2020. № 2. С. 5–18. DOI: 10.47612/2079-3928-2020-2-5-18.
3. Данилович И. С., Мельник В. И., Гейер Б. Современные изменения климата Белорусского Полесья: причины, следствия, прогнозы // Журнал Белорус. гос. ун-та. География. Геология. 2020. № 1. С. 3–13. DOI: 10.33581/2521-6740-2020-1-3-13.
4. Багинский В. Ф., Лапицкая О. В. Некоторые проблемы адаптации лесного хозяйства Беларуси к изменению климата // Навуковий вісник НЛТУ України. 2009. Вип. 19.14. С. 7–17.
5. Стратегия адаптации лесного хозяйства Республики Беларусь к изменению климата на период до 2050 года. Минск, 2011. 119 с.
6. Экологоориентированное развитие лесного хозяйства Беларуси в условиях климатических изменений / И. В. Войтов [и др.]. Минск: БГТУ, 2019. 201 с.
7. Продукционный потенциал сосны на полугидроморфном эдафотопе Белорусского Полесья в изменяющихся климатических условиях / Е. В. Матюшевская [и др.] // Журнал Белорус. гос. ун-та. География. Геология. 2020. № 1. С. 36–44. DOI: 10.33581/2521-6740-2020-1-36-44.
8. Багинский В. Ф. Особенности хода роста древостоев сосны в Белорусском Полесье // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. Ин-та леса Нац. акад. наук Беларуси. Гомель, 2016. Вып. 76. С. 307–317.
9. Лазарева М. С. Климатически детерминированная динамика типологической структуры сосняков Беларуси в практику лесоустройства // Лесная таксация и лесоустройство. 2008. № 1. С. 115–122.
10. Лесоустроительный проект государственного природоохранного научно-исследовательского учреждения «Полесский государственный радиационно-экологический заповедник» Министерства по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь на 2021–2030 гг. Минск, 2020. 292 с.
11. Ермохин М. В., Сазонов А. А., Игнатъев 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.
12. Гарбарук Д. К., Углянец А. В. Структура, продуктивность и прогноз изменения запасов стволовой древесины сосняков Полесского государственного радиационно-экологического заповедника // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. Ин-та эксперимент. ботаники Нац. акад. наук Беларуси. Минск, 2019. Вып. 48. С. 126–140.
13. Состояние основных насаждений и анализ встречаемости короедного усыхания в отдельных лесхозах Гомельского Полесья в 2017–2020 гг. / Д. А. Бабуль [и др.] // Труды БГТУ. Сер. 1. Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2021. № 2 (246). С. 112–120. DOI: 10.52065/2519-402X-2021-246-14-112-120.
14. Ануцин Н. П. Лесная таксация. М.: Лесная пром-сть, 1982. 561 с.
15. Справочник таксатора / В. С. Мирошников [и др.]. Минск: Ураджай, 1980. 360 с.
16. Таксационно-лесоустроительный справочник / М. В. Кузьменков [и др.]. Минск: Лесное и охотничье хоз-во, 2019. 335 с.
17. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение / В. А. Алексеев [и др.]. Ленинград: Наука, 1990. 197 с.

18. Сазонов А. А., Звягинцев В. Б. Массовое усыхание сосновых лесов Беларуси: особенности, причины, последствия // X Чтения памяти О. А. Катаева. Дендробионтные беспозвоночные животные и грибы и их роль в лесных экосистемах: материалы междунар. конф., Санкт-Петербург, 22–25 окт. 2018 г. СПб., 2018. Т. 2: Фитопатогенные грибы, вопросы патологии и защиты леса. С. 28–29. DOI: 10.21266/SPBFTU.2018.КАТАЕВ.2.
19. Нормативные материалы для таксации леса Белорусской ССР / В. Ф. Багинский [и др.]. М.: ЦБНТИ, 1984. 308 с.
20. Защита леса: учеб.-метод. пособие / В. Б. Звягинцев [и др.]. Минск: БГТУ, 2019. 164 с.
21. Почвы Полесского государственного радиационно-экологического заповедника = Soils of Polesye state radiation-ecological reserve / В. В. Лапа [и др.]. Минск: ИВЦ Минфина, 2019. 97 с.
22. Степанчик В. В. Устойчивость сосновых фитоценозов в условиях комплексного техногенно-радиационного загрязнения // Десять лет Чернобыльской аварии: уроки и перспективы: тез. докл. республ. конф., Москва, 26–27 марта 1996 г. М., 1996. С. 66–70.
23. Булко Н. И., Потапенко А. М., Козлов А. К. К вопросу о состоянии сосновых древостоев в ближней зоне чернобыльских выпадений спустя 30 лет после аварии на ЧАЭС // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. Ин-та леса Нац. акад. наук Беларуси. Гомель, 2018. Вып. 78. С. 213–218.
24. Retrospective assessment on scots pine stands situated far and near chernobyl fallout areas / A. Potapenko [et al.] // *Forestry Ideas*. 2019. Vol. 25, no. 2 (58). P. 301–313.
25. Марченко Ю. Д. Погодно-климатические условия в ближней зоне Чернобыльской АЭС // Экосистемы и радиация: аспекты существования и развития: сб. науч. тр., посвящ. 25-летию Полес. радиац.-экол. заповедника. Минск, 2013. С. 32–45.

#### References

1. Loginov V. F., Lysenko S. A., Mel'nik 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).
2. Brovka Yu. A., Buyakov I. V. Changes in the hydrothermal coefficient and in the frequency of extreme humidification conditions on the territory of Belarus during climate warming. *Prirodopol'zovaniye* [Nature Management], 2020, no. 2, pp. 5–18. DOI: 10.47612/2079-3928-2020-2-5-18 (In Russian).
3. Danilovich I. S., Mel'nik V. I., Geyer B. The current climate changes in Belarusian Polesie region: factors, consequences, projections. *Zhurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Geografiya. Geologiya* [Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology], 2020, no. 1, pp. 3–13. DOI: 10.33581/2521-6740-2020-1-3-13 (In Russian).
4. Baginskiy V. F., Lapitskaya O. V. Some issues of adaptation of forestry of Belarus to climatic changes. *Navukovyy visnyk NLTU Ukrainy* [Scientific Bulletin of UNFU], 2009, issue 19.14, pp. 7–17 (In Russian).
5. *Strategiya adaptatsii lesnogo khozyaystva Respubliki Belarus' k izmeneniyu klimata na period do 2050 goda* [Strategy of adaptation of forestry of the Republic of Belarus to climate change for the period up to 2050]. Minsk, 2011. 119 p. (In Russian).
6. Voytov I. V., Shatravko V. G., Yurevich N. N., Lednitskiy A. V., Neverov A. V., Nosnikov V. V., Rozhkov L. N. *Ekologooriyentirovannoye razvitiye lesnogo khozyaystva Belarusi v usloviyakh klimaticheskikh izmeneniy* [Ecologically oriented development of forestry in Belarus in the context of climate change]. Minsk, BGTU Publ., 2019. 201 p. (In Russian).
7. Matyushevskaya E. V., Kiselev V. N., Yarotov A. E., Khvinevich V. A. Pine production potential on semihydromorphic edafotope of Belarusian Polesje under changing climatic conditions. *Zhurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Geografiya. Geologiya* [Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology], 2020, no. 1, pp. 36–44. DOI: 10.33581/2521-6740-2020-1-36-44 (In Russian).
8. Baginskiy V. F. Features of the course of growth of pine stands in the Belarusian Polesie. *Problemy lesovedeniya i lesovodstva: sbornik nauchnykh trudov Instituta lesa Natsional'noy akademii nauk Belarusi* [Problems of forest science and forestry: collections of scientific papers of the Forest Institute of the National Academy of Sciences of Belarus]. Gomel', 2016, issue 76, pp. 307–317 (In Russian).
9. Lazareva M. S. Climatically deterministic dynamics of typological structure of pine forests of Republic of Belarus to forest planning. *Lesnaya taksatsiya i lesoustroystvo* [Forest inventory and forest planning], 2008, no. 1, pp. 115–122 (In Russian).
10. *Lesoustroitel'nyy proyekt gosudarstvennogo prirodookhrannogo nauchno-issledovatel'skogo uchrezhdeniya "Poleskiy gosudarstvennyy radiatsionno-ekologicheskiy zapovednik" Ministerstva po chrezvychaynym situatsiyam Respubliki Belarus' na 2021–2030 gody* [Forest management project of the State Nature Protective Scientific-Research Establishment "Polesye State Radiation-Ecological Reserve" of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus for 2021–2030]. Minsk, 2020. 292 p. (In Russian).

11. Ermokhin M. V., Sazonov A. A., Ignat'ev Ya. K. Biological stability of forests of different origin. *Trudy BGTU* [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).

12. Garbaruk D. K., Uglyanets A. V. Structure, productivity and forecast changes in stem wood volume of pine forests of the Polesye State Radiation-Ecological Reserve. *Botanika (issledovaniya): sbornik nauchnykh trudov Instituta eksperimental'noy botaniki Natsional'noy akademii nauk Belarusi* [Botany (research): collection of scientific transactions of the Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus]. Minsk, 2019, issue 48, pp. 126–140 (In Russian).

13. Babul' D. A., Sazonov A. A., Kukhta V. N., Ukolova E. A. State of pine stands and analysis of the incidence of pine drying in separate forestry enterprises of the Gomel Polesia in 2017–2020. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2021, no. 2 (246), pp. 112–120. DOI: 10.52065/2519-402X-2021-246-14-112-120 (In Russian).

14. Anuchin N. P. *Lesnaya taksatsiya* [Forest inventory]. Moscow, Lesnaya Promyshlennost' Publ., 1982. 561 p. (In Russian).

15. Miroshnikov V. S., Trull' O. A., Ermakov V. E., Dol'skiy L. V., Kostenko A. G. *Spravochnik taksatora* [A guide for forest taxator]. Minsk, Uradzhay Publ., 1980. 360 p. (In Russian).

16. Kuz'menkov M. V., Kulagin A. P., Tarkan A. V., Buzunovskiy R. S. *Taksatsionno-lesoustroitel'nyy spravochnik* [Taxation and forest inventory guide]. Minsk, Lesnoye i okhotnich'ye khozyaystvo Publ., 2019. 335 p. (In Russian).

17. Alekseev V. A., Chertov O. G., Sergeychik S. A., Druzina V. D., Men'shikova G. P., Lyanguzova I. V., Lovelius N. V., Yarmishko V. T., Stavrova N. I., Goroshkov V. V., Andreeva E. N. *Lesnyye ekosistemy i atmosfernoye zagryazneniye* [Forest ecosystems and atmospheric pollution]. Leningrad, Nauka Publ., 1990. 197 p. (In Russian).

18. Sazonov A. A., Zvyagintsev V. B. Mass destruction of pine forests in Belarus: peculiarities, causes, consequences. *X Chteniya pamyati O. A. Kataeva. Dendrobiontnyye bespozvonochnyye zhivotnyye i griby i ikh rol' v lesnykh ekosistemakh: materialy mezhdunarodnoy konferentsii* [The Kataev memorial readings – X. Dendrobiontic invertebrates and fungi and their role in forest ecosystems: materials of the international conference]. Saint Petersburg, 2018, vol. 2: Phytopathogenic Fungi, Problems of Forest Pathology and Forest Protection, pp. 28–29. DOI: 10.21266/SPBFTU.2018.KATAEV.2 (In Russian).

19. Baginskiy V. F., Kislyakov V. N., Shvets V. F., Dol'skiy L. V., Kostenko A. G. *Normativnyye materialy dlya taksatsii lesa Belorusskoy SSR* [Normative materials for forest inventory in the Byelorussian SSR]. Moscow, TsBNTI Publ., 1984. 308 p. (In Russian).

20. Zvyagintsev V. B., Blintsov A. I., Kozel A. V., Kukhta V. N., Sazonov A. A., Seredich M. O., Khvasko A. V. *Zashchita lesa* [Forest protection]. Minsk, BGTU Publ., 2019. 164 p. (In Russian).

21. Lapa V. V., Tsybul'ko N. N., Tsyribko V. B., Ustinova A. M., Chervan' A. N., Logachev I. A., Kudin M. V., Antipenko O. N. *Pochvy Poleskogo gosudarstvennogo radiatsionno-ekologicheskogo zapovednika* [Soils of Polesye State Radiation-Ecological Reserve]. Minsk, IVTs Minfina Publ., 2019. 97 p. (In Russian).

22. Stepanchik V. V. Stability of pine phytocenoses under conditions of complex technogenic-radiation pollution. *Desyat' let Chernobyl'skoy avarii: uroki i perspektivy: tezisy dokladov respublikanskoy konferentsii* [Ten years of the Chernobyl accident: lessons and prospects: proceedings of the republican conference]. Moscow, 1996, pp. 66–70 (In Russian).

23. Bulko N. I., Potapenko A. M., Kozlov A. K. To the question of the condition of pine forests stands in the near zone of the chernobyl fallout 30 years later after the accident at the CnPP. *Problemy lesovedeniya i lesovodstva: sbornik nauchnykh trudov Instituta lesa Natsional'noy akademii nauk Belarusi* [Problems of forest science and forestry: collections of scientific papers of the Forest Institute of the National Academy of Sciences of Belarus]. Gomel', 2018, issue 78, pp. 213–218 (In Russian).

24. Potapenko A., Bulko N., Kozlov A., Mohnachev P., Kuzmina N., Zavyalov K., Ayan Sezgin. Retrospective assessment on Scots pine stands situated far and near chernobyl fallout areas. *Forestry Ideas*, 2019, issue 25, no. 2 (58), pp. 301–313.

25. Marchenko Yu. D. Weather-climate conditions in the near zone of Chernobyl NPP. *Ekosistemy i radiatsiya: aspekty sushchestvovaniya i razvitiya: sbornik nauchnykh trudov Poleskogo gosudarstvennogo radiatsionno-ekologicheskogo zapovednika* [Ecosystems and radiation: aspects of existence and development: collections of scientific papers dedicated to the 25th anniversary of the Polesye State Radiation-Ecological Reserve]. Minsk, 2013, pp. 32–45 (In Russian).

#### Информация об авторах

**Гарбарук Дмитрий Константинович** – заведующий отделом экологии растительных комплексов. Полесский государственный радиационно-экологический заповедник (ул. Терешковой, 7, 247618, г. Хойники, Республика Беларусь). E-mail: dima.garbaruk.77@mail.ru

**Углынец Анатолий Владимирович** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела экологии растительных комплексов. Полесский государственный радиационно-экологический заповедник (ул. Терешковой, 7, 247618, г. Хойники, Республика Беларусь). E-mail: uhlianets@mail.ru

**Судник Александр Владимирович** – кандидат биологических наук, доцент, заведующий лабораторией оптимизации и мониторинга экосистем. Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: asudnik@tut.by

#### **Information about the authors**

**Garbaruk Dmitriy Konstantinovich** – Head of the Department of Ecology of Vegetative Complexes. Polesye State Radiation-Ecological Reserve (7 Tereshkovoy str., 247618, Khoyniki, Republic of Belarus). E-mail: dima.garbaruk.77@mail.ru

**Uglyanets Anatoliy Vladimirovich** – PhD (Agriculture), Associate Professor, Leading Researcher, the Department of Ecology of Vegetative Complexes. Polesye State Radiation-Ecological Reserve (7 Tereshkovoy str., 247618, Khoyniki, Republic of Belarus). E-mail: uhlianets@mail.ru

**Sudnik Alexander Vladimirovich** – PhD (Biology), Associate Professor, Head of the Laboratory of Optimization and Monitoring of Ecosystems. V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus (27 Akademicheskaya str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: asudnik@tut.by

*Поступила 05.11.2024*