

ЛЕСОЗАЩИТА И САДОВО-ПАРКОВОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

FOREST PROTECTION AND LANDSCAPING

УДК 630*228.8(630*176.322.6):(630*11+630*907.4+630*4)

Д. К. Гарбарук¹, А. В. Судник², А. В. Углынец¹

¹Полесский государственный радиационно-экологический заповедник

²Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купевича НАН Беларуси

СОСТОЯНИЕ ДРЕВОСТОЕВ ДУБА В ЗОНЕ ОТЧУЖДЕНИЯ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

В дубовых лесах зоны отчуждения Чернобыльской атомной электростанции, произраставших на протяжении 38 лет в условиях высокого ионизирующего излучения и отсутствия хозяйственного воздействия, в 2023 г. создана сеть комплексного мониторинга лесных экосистем, состоящая из 10 постоянных и 23 временных пунктов наблюдения, и получены оценки современного состояния древостоев дуба. Установлено, что индекс их жизненного состояния варьировал в пределах 37,6–93,2%, в среднем составлял 62,9% и соответствовал категории «поврежденных» насаждений. Степень дефолиации крон древостоев изменялась в диапазоне 8,3–33,5% при средней доле потери листовой поверхности 23,7%. Индекс жизненного состояния древесных пород улучшался в ряду дуб, осина, ясень, береза повислая, граб, ольха черная, сосна, клен; степень дефолиации крон понижалась в ряду дуб, ясень, осина, береза повислая, ольха черная, граб, сосна, клен. Санитарное состояние дубрав оценивалось в 1,23–3,98 балла, в среднем – в 2,33 балла. По совокупности полученных данных состояние древостоев улучшается при повышении трофности и влажности почв в ряду типов леса дубрава орляковая < дубрава кисличная < дубрава снытевая. Природными факторами повреждено 56,0–100,0% деревьев в древостоях дуба, степень повреждения возрастает от плакорных дубрав до пойменных, а в пределах этих экологических групп – по мере снижения трофности и влажности почв. Повреждаемость древесных пород снижается в ряду дуб, ясень, ольха черная, клен, береза повислая, граб. Основными факторами повреждения деревьев являются поражение листовой поверхности насекомыми (69,4% деревьев), грибными болезнями (33,8%), стволовыми гнилями (20,8%), бактериальной водяной (5,8%). Ухудшение состояния дубрав вызвано уменьшением запасов влаги в почвах, обусловленной понижением уровней грунтовых вод вследствие масштабных гидротехнических мелиораций в прошлом и современным усилением аридности климата на фоне хронического ионизирующего облучения деревьев и отсутствия лесохозяйственных санитарных мероприятий, обусловивших ослабление деревьев, накопление сухостоя и распространение вредителей и болезней.

Ключевые слова: Чернобыльская АЭС, зона отчуждения, древостой дуба, жизненность, дефолиация, санитарное состояние, повреждение деревьев.

Для цитирования: Гарбарук Д. К., Судник А. В., Углынец А. В. Состояние древостоев дуба в зоне отчуждения Чернобыльской атомной электростанции // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хозяйство, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2025. № 2 (294). С. 123–138.

DOI: 10.52065/2519-402X-2025-294-13.

D. K. Garbaruk¹, A. V. Sudnik², A. V. Uglyanets¹

¹Polesye State Radiation-Ecological Reserve

²V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany
of the National Academy of Sciences of Belarus

THE STATE OF OAK STANDS IN THE EXCLUSION ZONE OF THE CHERNOBYL NUCLEAR POWER PLANT

In the oak forests of the exclusion zone of the Chernobyl nuclear power plant, growing for 38 years in conditions of high ionizing radiation and lack of economic impact, in 2023 a network of integrated monitoring of forest ecosystems, consisting of 10 permanent and 23 temporary observation points, was

established and assessments of the current state of oak stands were obtained. It was found that the index of their vital state varied in the range of 37.6–93.2%, averaged 62.9% and corresponded to the category of “damaged” stands. The degree of stand crown defoliation varied in the range of 8.3–33.5% with an average foliage loss of 23.7%. The vital state index of tree species improved in the row of English oak, aspen, European ash, silver birch, European hornbeam, black alder, Scotch pine, Norway maple; the degree of crown defoliation decreased in the row of English oak, English ash, aspen, silver birch, black alder, English hornbeam, Scotch pine, Norway maple. The sanitary condition of oak trees was rated 1.23–3.98, with an average of 2.33. According to the totality of the obtained data, the condition of stands improves with increasing soil trophicity and moisture in the series of forest types “bracken fern oak forest < wood sorrel oak forest < goutweed oak forest”. Natural factors damaged 56.0–100.0% of trees in oak stands, the degree of damage increasing from dryland to floodplain oak stands, and within these ecological groups as soil trophicity and moisture decreased. Damage rate of tree species decreases in the row English oak, English ash, black alder, Norway maple, silver birch, English hornbeam. The main factors of damage to trees are damage to foliage by insects (69.4% of trees), fungal diseases (33.8%), trunk rot (20.8%), bacterial dropsy (5.8%). The deterioration of oak forests is caused by the reduction of moisture stocks in soils due to the lowering of groundwater levels as a result of large-scale hydraulic reclamations in the past and the current increase of climate aridity against the background of chronic ionizing irradiation of trees and the lack of forestry sanitary measures, which caused weakening of trees, accumulation of deadwood and spread of pests and diseases.

Keywords: Chernobyl nuclear power plant, exclusion zone, oak stands, vitality, defoliation, sanitary condition, tree damage.

For citation: Garbaruk D. K., Sudnik A. V., Uglyanets A. V. The state of oak stands in the exclusion zone of the Chernobyl nuclear power plant. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2025, no. 2 (294), pp. 123–138 (In Russian).

DOI: 10.52065/2519-402X-2025-294-13.

Введение. Последние полвека в Белорусском Полесье наблюдается суховершинность и усыхание деревьев дуба, устойчивое ухудшение состояния и гибель его древостоев, сокращение площади дубрав [1–6], принявшее массовый характер в нынешнем столетии [4]. Дубовые леса среди лесных формаций Беларуси характеризуются самым высоким удельным весом насаждений с нарушенной биологической устойчивостью [7]. В странах Европы наиболее высокими показателями повреждаемости характеризуются широколиственные древесные породы и, в частности, листопадные деревья дуба умеренного пояса [8].

Согласно данным публикации [4], причиной усыхания дубрав в Беларуси является совокупное воздействие на деревья климатических факторов и длительных массовых повреждений молодых листьев дуба листогрызущими насекомыми с последующим их поражением мучнистой росой. Усыхание пойменных дубрав Полесья обусловлено нарушением устоявшихся уровней паводково-грунтовых вод под влиянием широкомасштабных осушительных мелиораций в 1960–1970 гг., созданием польдеров и дамб противопаводковой защиты населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий в 1970–1990 гг. [1, 3], сильными повреждениями листогрызущими насекомыми ранней формы дуба, распространенной в поймах рек, неудовлетворительным осуществлением лесохозяйственных мероприятий [9].

В лесах европейских стран основной ущерб деревьям всех пород, в том числе и листопадным

видам дуба, причиняют засухи с последующим повреждением насекомыми и грибными болезнями, а также пожары [8].

В Беларуси по мере потепления климата прогнозируется негативное воздействие на состояние лесов поздних весенних заморозков, атмосферных и почвенных засух, других неблагоприятных погодных явлений, массового размножения вредителей и распространения болезней леса [10]. Наблюдаемое в настоящее время в Полесье увеличение количества и глубины засушливых явлений [11], частоты и мощности почвенных засух [12] ухудшает состояние дубрав.

Негативное влияние на состояние лесов оказывает трансграничное загрязнение воздуха [13], тесно связанное с потеплением и повышением засушливости климата [8].

Усыхание деревьев и постепенная деградация древостоев наблюдаются и в дубравах зоны отчуждения (ЗО) Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС), расположенной на крайнем юго-востоке Полесья [14].

В ЗО ЧАЭС древесные растения дополнительно испытывают воздействие радиационного фактора. Так, даже через 35 лет после радиационной катастрофы еще сохраняются высокие дозы внешнего и внутреннего облучения насаждений сосны в 30-километровой зоне ЧАЭС [15, 16], способные затормаживать рост ее деревьев [17]. Хотя к радиационному воздействию дуб значительно устойчивее сосны [18], не исключено, что хроническое облучение его деревьев, длящееся

Индекс состояния древостоя: параметр, на основе которого рассчитывается самый важный показатель, иллюстрирующий текущее состояние древесного сообщества, – категория жизненного состояния. Расчет индексов состояния древостоев производился по формуле

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

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 осуществлялось на основе модифицированной шкалы В. А. Алексеева [14], в соответствии с которой древостой с ИС 90–100% относятся к категории «здоровых», 80–89% – «здоровых с признаками ослабления», 70–79% – «ослабленных», 50–69% – «поврежденных», 20–49% – «сильно поврежденных», менее 20% – «разрушенных».

Дефолиацию (степень потери деревом листьев) определяли глазомерно с 5%-ной точностью. Для более точной оценки процента дефолиации использовали фотоэталоны дефолиации деревьев. По степени дефолиации деревья распределялись по 5 классам повреждения: 0-й класс (неповрежденные деревья) – дефолиация 0–10%; 1-й класс (слабоповрежденные) – 11–25%; 2-й класс (среднеповрежденные) – 26–60%; 3-й класс (сильноповрежденные) – 61–99%; 4-й класс (усохшие деревья) – дефолиация 100%.

При оценке характера и степени повреждений ствола и кроны позаимствованы некоторые особенности из североамериканской технологии мониторинга лесов [21]. Основные типы определяемых повреждений: эмиссии, изменение уровней грунтовых вод, стихийные бедствия (ветровалы, снеголомы, природные механические повреждения), антропогенные механические, биологические, энтомогенные (хвое- и листогрызущие, стволовые и технические, вредители корней), болезни (хвои, листьев, стволов, корней) и др. Кроме того, для каждой ТУД в радиусе до 10 м от центрального дерева подсчитывали количество сухих деревьев с дифференциацией на старый и свежий сухостой, количество буреломных (ветровальных) и снеголомных (снеговальных) деревьев.

Санитарное состояние древостоев на ППН и ВПН определяли по средневзвешенной категории 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 – общее количество деревьев, учтенных на ППН или ВПН.

Таксационные показатели древостоев (табл. 1) устанавливали по материалам лесоустройства с глазомерной корректировкой в натуре.

Таблица 1

Таксационные показатели древостоев на ППН

Номер ППН	Лесничество, квартал/выдел	Тип леса/ТЛУ	Ярус	Состав древостоя	Возраст, лет	Бонитет	Полнота	Запас, м ³ /га
12	Бабчинское, 1/28	Дубрава снытевая/Д ₃	I II	6Д3Кл1Гр+Б,Яс 10Гр	120 35	II	0,5 0,3	200 40
13	Новопокровское, 86/33	Дубрава кисличная/С ₂ Д ₂	I II	8Д1Кл1Гр 10 Гр	111 30	II	0,6 0,1	240 20
14	Новопокровское, 72/29	Дубрава снытевая/Д ₃	I II	6Д4Кл+Яс 8Лп2Гр+Вз	87 15	I	0,6 0,1	180 10
15	Новопокровское, 9/29	Дубрава снытевая/Д ₃	I	7Д1Олч1Б1Кл+С,Гр	120	I	0,5	200
16	Новопокровское, 17/9	Дубрава кисличная/Д ₂	I II	6Д2Олч1Б1Гр+Кл 10Гр	110 20	II	0,5 0,2	180 20
17	Тульговичское, 84/5	Дубрава кисличная/С ₂ Д ₂	I II	5Д3Гр2Кл 10Гр+Кл	120 20	II	0,6 0,1	180 15
18	Тульговичское, 101/20	Дубрава орляковая/С ₂	I II	8Д1Гр1Кл+Б,Олч 10Гр+Кл	140 20	III	0,5 0,1	160 10
19	Оревичское, 37/37	Дубрава прируслово-пойменная/В _{2п} В _{3п}	I	10Д+Тп	70	IV	0,45	110
20	Новопокровское, 85/20	Дубрава орляковая/С ₂	I	10Д+Кл	110	III	0,6	180
21	Радинское, 119/2	Дубрава широколиственно-пойменная/Д _{3п}	I	7Д3Олч+Ос,Б	95	II	0,6	200

Оценка состояния дубрав выполнена на 1540 учетных деревьях (556 на ППН и 984 на ВПН) для 8 древесных пород (табл. 2).

Таблица 2

Количество обследованных деревьев

Порода	На ППН		На ВПН	
	штук	%	штук	%
Береза повислая	9	1,6	8	0,8
Граб обыкновенный	67	12,0	66	6,7
Дуб черешчатый	363	65,3	799	81,2
Клен остролистный	68	12,2	31	3,2
Ольха черная	39	7,0	33	3,4
Осина	2	0,4	25	2,5
Сосна обыкновенная	1	0,2	19	1,9
Ясень обыкновенный	7	1,3	3	0,3
<i>Всего</i>	556	100,0	984	100,0

Состояние дубрав на постоянных пунктах наблюдения. Древостои дуба на ППН в 90% случаев относились к категории «поврежденные»,

в 10% – к категории «сильно поврежденные» и в среднем характеризовались как «поврежденные» (табл. 3). Их ИС по насаждениям варьировал в пределах 46,8–69,3% и в среднем составлял 61,2%.

Тенденция улучшения жизненного состояния древостоев прослеживается в ряду как плакорных типов леса – дубрава орляковая (средний ИС 52,5%) < дубрава кисличная (61,4%) < дубрава снытевая (66,7%), так и пойменных – дубрава прируслово-пойменная (62,0%) < дубрава широколиственно-пойменная (63,8%), что соответствует рядам повышения трофности и влажности их эдафотопов – $C_2 < C_2D_2$, $D_2 < D_3$ и $B_{2п}B_{3п} < D_{3п}$ соответственно.

В насаждениях доминировали ослабленные деревья – 39,9%. Количество сильно ослабленных деревьев составляло 27,9%, без признаков ослабления – 22,1%; усыхающие отсутствовали; на долю усохших по различным причинам деревьев приходилось 10,1% от общего их количества (табл. 3 и 4).

Таблица 3

Жизненное состояние древостоев на ППН

№ ППН	Тип леса	Доля деревьев по категориям состояния, %					Индекс состояния, %	Категория жизненного состояния
		Без признаков ослабления	Ослабленные	Сильно ослабленные	Усыхающие	Сухостойные		
12	Д. снытевая	35,2	35,2	22,2	0,0	7,4	68,7	Поврежденные
13	Д. кисличная	17,2	40,6	20,3	0,0	21,9	53,8	Поврежденные
14	Д. снытевая	37,1	33,3	22,2	0,0	7,4	69,3	Поврежденные
15	Д. снытевая	16,0	42,0	42,0	0,0	0,0	62,2	Поврежденные
16	Д. кисличная	30,4	37,5	21,4	0,0	10,7	65,2	Поврежденные
17	Д. кисличная	29,8	40,4	17,5	0,0	12,3	65,1	Поврежденные
18	Д. орляковая	23,6	25,5	41,8	0,0	9,1	58,2	Поврежденные
19	Д. прируслово-пойменная	9,3	64,8	18,5	0,0	7,4	62,0	Поврежденные
20	Д. орляковая	6,7	31,3	45,0	0,0	16,7	46,8	Сильно поврежденные
21	Д. широколиственно-пойменная	17,3	50,0	28,9	0,0	3,8	63,8	Поврежденные
<i>В среднем</i>		22,1	39,9	27,9	0,0	10,1	61,2	Поврежденные

Таблица 4

Показатели жизненного состояния деревьев на ППН

Порода	Доля деревьев по категориям состояния, %					Индекс состояния, %	Категория жизненного состояния
	Без признаков ослабления	Ослабленные	Сильно ослабленные	Усыхающие	Сухостойные		
Береза	44,5	33,3	22,2	0,0	0,0	76,7	Ослабленные
Граб	61,2	31,3	6,0	0,0	1,5	85,5	Здоровые с признаками ослабления
Дуб	4,7	41,6	39,4	0,0	14,3	49,6	Сильно поврежденные
Клен	66,2	32,3	1,5	0,0	0,0	89,4	Здоровые с признаками ослабления
Ольха черная	33,4	48,7	12,8	0,0	5,1	72,6	Ослабленные
Осина	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	70,0	Ослабленные
Сосна	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	Здоровые
Ясень	28,6	57,1	0,0	0,0	14,3	68,6	Поврежденные
<i>Все породы</i>	22,1	39,9	27,9	0,0	10,1	61,2	Поврежденные

Среди сухих деревьев преобладал сухойстой старый – 7,6%; доля сухостоя свежего составляла 0,4%; также отмечался бурелом (ветровал) – 2,2%; снеголом (снеговал) отсутствовал.

Жизненное состояние обследованных пород улучшалось в ряду: дуб (средний ИС 49,6%) < ясень (68,6%) < осина (70,0%) < ольха черная (72,6%) < береза повислая (76,7%) < граб (85,5%) < клен (89,4%) < сосна (100,0%). Отметим, что осина и сосна представлены единичными деревьями (табл. 4).

В древостоях дуба в ослабленном состоянии находилось 41,6% деревьев, в сильно ослабленном – 39,4%. Без признаков ослабления насчитывалось всего 4,7% деревьев. Значительная их часть (14,3%) были погибшими. На долю старого сухостоя дуба приходилось 10,7% деревьев, свежий сухойстой составлял 0,6%; бурелом (ветровал) – 3,0%.

Среди деревьев ясеня доля старого сухостоя составляла 14,3%. Основная причина его усыхания – поражение болезнями и стволовыми вредителями (большим ясеневым лубоедом, реже пестрым ясеневым лубоедом). Комплексные очаги корневых гнилей и стволовых вредителей привели к выпадению ясеня из состава древостоев и формированию на месте ясенников лесов других формаций. В частности в заповеднике (ЗО ЧАЭС) к 2023 г. насаждения с преобладанием ясеня не сохранились, и он почти полностью выпал из состава смешанных древостоев [22].

Массовое усыхание насаждений ясеня в Республике Беларусь наблюдается с 2003 г. и происходит по причине заражения деревьев этой породы различными видами патогенных грибов, вызванного ухудшением почвенно-грунтовых условий в сочетании с изменившейся погодноклиматической ситуацией [23].

Сухостой отмечен также среди деревьев ольхи черной (5,1%), что связано с высоким их возрастом,

и граба (1,5%), располагающегося в основном в подчиненном ярусе.

Наибольшее количество деревьев без признаков ослабления наблюдается у спутников дуба – клена (66,2%) и граба (61,2%) (табл. 4).

Важнейшей характеристикой древостоев является состояние ассимиляционного аппарата произрастающих в них деревьев, в частности – показатель степени дефолиации их крон. В обследованных дубравах 23,8% всех оцененных живых деревьев не имели признаков повреждения крон (дефолиация 0–10%). На слабоповрежденные деревья (дефолиация 15–25%) приходилось 44,6%; на среднеповрежденные (30–60%) – 30,2%. Сильноповрежденные (65–99%), усыхающие и сухостойные деревья в совокупности составляли 1,4% (табл. 5).

Средняя степень потери листвы деревьями на ППН варьирует по насаждениям в относительно узком диапазоне (20,3–30,6%) и незначительно возрастает от дубрав кисличной (20,3–23,9%) и снытевой (20,4–24,6%) до дубрав прируслово-пойменной (22,3%) и далее – до дубрав широколиственно-пойменной (25,9%) и орляковой (26,2–30,6%).

Древостои дубрав сильно повреждены. Средняя доля поврежденных деревьев в них составляет 79,8% и по отдельным насаждениям изменяется в пределах 56,0–100,0% (табл. 5).

Степень повреждения древостоев увеличивается от дубрав снытевой (56,0–76,0%) и кисличной (70,0–82,0%) до дубрав орляковой (80,0–96,6%), т. е. с ухудшением условий местопроизрастания. Максимально повреждены древостои в дубравах широколиственно-пойменной (90,0%) и прируслово-пойменной (100,0%). Очевидно, что степень повреждения деревьев в древостоях возрастает от плакорных дубрав до пойменных, а в пределах экологических групп – по мере ухудшения трофности почв и снижения индекса их влажности.

Таблица 5

Дефолиация и степень повреждений древостоев на ППН

№ ППН	Тип леса	Доля деревьев с дефолиацией, %					Средняя дефолиация, %	Степень повреждения древостоев, %
		0–10% неповрежденных	15–25% слабоповрежденных	30–60% среднеповрежденных	65–99% сильноповрежденных	100% усохших в 2023 г.		
12	Д. снытевая	36,0	40,0	24,0	0,0	0,0	20,8	56,0
13	Д. кисличная	22,0	52,0	24,0	2,0	0,0	23,9	82,0
14	Д. снытевая	36,0	38,0	26,0	0,0	0,0	20,4	76,0
15	Д. снытевая	16,0	42,0	42,0	0,0	0,0	24,6	70,0
16	Д. кисличная	34,0	42,0	24,0	0,0	0,0	20,8	70,0
17	Д. кисличная	34,0	46,0	18,0	2,0	0,0	20,3	78,0
18	Д. орляковая	26,0	28,0	44,0	2,0	0,0	26,2	80,0
19	Д. прируслово-пойменная	10,0	68,0	20,0	2,0	0,0	22,3	100,0
20	Д. орляковая	6,0	40,0	50,0	4,0	0,0	30,6	96,0
21	Д. широколиственно-пойменная	18,0	50,0	30,0	2,0	0,0	25,9	90,0
	<i>В среднем</i>	23,8	44,6	30,2	1,4	0,0	23,6	79,8

Средняя дефолиация всех обследованных живых деревьев на ППН составляет 23,6% (варьируя по породам от 10,0% у сосны до 29,3% у дуба). В порядке убывания дефолиации обследованные породы располагаются в ряду: дуб (средняя дефолиация 29,3%) > береза повислая (21,1%) > ольха черная (17,7%) > осина (17,5%) > ясень (15,0%) > граб (13,8%) > клен (11,8%) > сосна (10,0%) (табл. 6).

Величины поврежденности деревьев существенно различаются по видам древесных пород. Природными повреждениями затронуто 79,8% обследованных деревьев, в том числе 96,5% – дуба; 66,7% – ясеня; 64,9% – ольхи черной; 57,4% – клена; 55,6% – березы повислой; 40,9% – граба (табл. 6). Антропогенные повреждения отсутствовали.

Наибольшее количество обследованных деревьев характеризуются повреждением кроны энтомоповреждителями – 69,4%; на долю грибных болезней приходится 33,8%; на долю стволовых вредителей – 2,0% (рис. 2).



Рис. 2. Причины повреждения деревьев

Степень повреждения листвы энтомоповреждителями составляет в основном 1–2%, реже 5–10%.

Хотя на отдельных деревьях дуба достигает 30 и даже 80% (ППН 19). Из группы филлофагов широко распространены зимняя пяденица и шелкопряд-монашенка, образующие очаги преимущественно в дубовых насаждениях. Несмотря на наличие этих вредителей массового усыхания деревьев не наблюдается.

Среди обследованных деревьев 20,8% имеют стволовую гниль; 2,4% – корневую гниль. Поперечный рак, проявляющийся в виде эллиптических наростов, отмечен у 2,0% деревьев. Это заболевание неразрывно связано с развитием патогенных грибов и бактерий в тканях дерева.

Из прочих повреждений выявлены сухобокость – 0,8%; погрызы коры дикими копытными – 0,8% и попадания молний – 0,4%. Особо отметим высокую степень повреждения деревьев бактериальной водянкой (5,8%).

Все выявленные повреждения вызывают ослабление деревьев и потерю биологической устойчивости насаждений.

Состояние дубовых фитоценозов на ВПН отличается от их состояния на ППН наличием здоровых (4,4%), здоровых с признаками ослабления (4,4%) и ослабленных (21,7%) древостоев при значительно меньшей доле поврежденных (52,1%) и большей – сильно поврежденных (17,4%).

Между ВПН индексы жизненного состояния древостоев дуба широко варьируют – размах их колебания составляет 2,5 раза, коэффициент вариации среднего значения – 20,4%. Средний арифметический ИС дубрав на ВПН (63,5%), полученный с высокой точностью (табл. 7), близок к таковому на ППН (61,2%) (табл. 3) и в целом соответствует категории «поврежденные».

Средняя степень дефолиации крон на ВПН находится на уровне 23,7% и характеризуется высоким коэффициентом вариации (26,9%), который обусловлен сильной вариабельностью частных значений по насаждениям, достигающей 4-кратного размаха их колебаний (8,3–33,5%).

Таблица 6

Дефолиация, характер и степень повреждения деревьев на ППН

Порода	Доля деревьев с дефолиацией, %					Средняя дефолиация, %	Природные повреждения деревьев, %
	0–10% неповрежденных	15–25% слабоповрежденных	30–60% среднеповрежденных	65–99% сильноповрежденных	100% усохших в 2023 г.		
Береза	44,5	33,3	22,2	0,0	0,0	21,1	55,6
Граб	62,1	31,8	6,1	0,0	0,0	13,8	40,9
Дуб	4,8	48,2	44,7	2,3	0,0	29,3	96,5
Клен	64,7	33,8	1,5	0,0	0,0	11,8	57,4
Ольха черная	35,1	51,4	13,5	0,0	0,0	17,7	64,9
Осина	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	17,5	0,0
Сосна	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0
Ясень	16,7	83,3	0,0	0,0	0,0	15,0	66,7
В среднем	23,8	44,6	30,2	1,4	0,0	23,6	79,8

Таблица 7

Статистические показатели состояния древостоев на мониторинговых маршрутах

Маршрут	n	Индекс жизненного состояния, %							Степень дефолиации, %						
		min-max	$M \pm m$	Ci	σ	V	p	Me	min-max	$M \pm m$	Ci	σ	V	p	Me
ММ08	7	48,7–73,8	61,8 ± 2,9	54,2–67,8	7,7	12,5	4,7	59,8	19,3–32,6	26,9 ± 1,5	23,3–30,5	4,0	15,0	5,7	27,4
ММ09	7	41,9–74,4	59,8 ± 4,1	50,0–69,6	10,9	18,3	6,9	62,3	18,7–33,5	26,2 ± 1,9	21,8–30,6	5,0	18,9	7,2	26,0
ММ10	4	49,4–76,1	66,4 ± 5,9	52,8–79,9	11,7	17,7	8,8	70,0	17,0–32,3	22,7 ± 3,4	13,1–32,3	6,9	30,3	15,2	20,8
ММ11	5	37,6–93,2	70,1 ± 9,5	43,6–96,6	21,3	30,4	13,6	70,0	8,3–22,8	16,7 ± 2,7	9,3–24,1	6,0	35,9	16,1	16,2
Всего	23	37,6–93,2	63,5 ± 2,7	58,0–69,1	13,0	20,4	4,2	64,2	8,3–33,5	23,7 ± 1,3	21,0–26,5	6,4	26,9	5,6	24,4

Примечание. Здесь и далее: 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; σ – среднеквадратическое отклонение; V – коэффициент вариации, %; p – точность определения средней арифметической, %; Me – среднее срединное значение, медиана.

Большинство среднеарифметических значений ИС и степени повреждения листового аппарата древостоев, расположенных на разных ВПН, характеризуются высокой точностью (4,7–8,8%) и близки к медианам, рассчитанным из-за односторонних выходов доверительных интервалов за пределы некоторых выборок (табл. 7).

Территориальные различия состояния древостоев прослеживаются слабо. Древостои на ММ08 и ММ09 характеризуются несколько худшим состоянием (средние арифметические и медианные значения ИС древостоев находятся в диапазоне 60–62%) в сравнении с ММ10 и ММ11 (66–70%). Однако различия между средними величинами ИС древостоев на ВПП недостоверны между всеми маршрутами.

Наибольшие величины потери листы древостоями на ВПН наблюдались на тех же ММ08 и ММ09 (26–27%), которые на ММ10 снизились до 21–23% и на ММ11 – до 16–17%. При этом достоверно ($p < 0,05$) по данному показателю различаются насаждения на ММ11 с насаждениями на наиболее удаленных от него маршрутах (рис. 1) – ММ08 ($t_{\text{расчетное}} = 3,224$) и ММ09 ($t_{\text{расчетное}} = 2,723$); $t_{0,95} = 2,228$.

Причины различий средних ИС и степени дефолиации крон древостоев между ММ кроются не столько в пространственной их локализации, сколько в эдафической приуроченности. Древостои ММ11 расположены в пойме реки Припять и представлены дубравами прируслово-пойменными. На остальных маршрутах, находящихся в

пределах долины Припяти и расположенных в 12–17 км северо-восточнее и севернее ММ11, встречаются насаждения трех типов леса.

В типологическом отношении просматривается тенденция повышения среднеарифметических и медианных (в ряде типов леса доверительные интервалы односторонне выходят за пределы выборок) значений ИС и снижения степени дефолиации древостоев, полученных с вполне приемлемой точностью, в ряду дубрава орляковая > дубрава кисличная > дубрава снытевая, за исключением равной степени потери листы в дубравах орляковой и кисличной (табл. 8), т. е. с повышением трофности и влажности почв. Самые лучшие характеристики состояния древостоев свойственны дубравам прируслово-пойменным, чем и объясняется отличие показателей состояния древостоев на ММ11 от других маршрутов. Но достоверные различия установлены только по степени дефолиации древостоев для дубравы прируслово-пойменной с дубравами орляковой ($t_{\text{расчетное}} = 2,710$, $t_{0,95} = 2,365$) и кисличной ($t_{\text{расчетное}} = 3,044$, $t_{0,95} = 2,160$). Отсутствие различий между большинством типов леса обусловлены малыми выборками количества древостоев.

На ВПН в древостоях произрастает 8 древесных пород, среди которых доминирует (81,2%) дуб (табл. 2). В них преобладают ослабленные (36,3%), без признаков ослабления (28,7%) и сильно ослабленные (25,5%) деревья. Доля усыхающих деревьев составляет 1,8%, усохших – 7,7% (табл. 9).

Таблица 8

Статистические показатели состояния древостоев по типам леса на ВПП

Тип леса	n	Индекс жизненного состояния, %							Степень дефолиации, %						
		min-max	$M \pm m$	Ci	σ	V	p	Me	min-max	$M \pm m$	Ci	σ	V	p	Me
Д. орляковая	4	41,9–71,4	57,7 ± 6,1	38,3–77,0	12,1	21,0	10,5	58,7	23,0–33,5	27,8 ± 2,3	20,6–35,0	4,5	16,3	8,2	27,3
Д. кисличная	10	48,7–76,1	61,0 ± 3,1	53,9–68,1	9,9	16,2	5,1	60,7	18,5–32,6	26,4 ± 1,6	22,8–30,1	5,1	19,2	6,1	27,7
Д. снытевая	4	63,8–73,8	67,6 ± 2,3	60,2–75,0	4,7	6,9	3,5	66,4	17,0–26,5	21,8 ± 2,2	14,8–28,8	4,4	20,2	10,1	21,9
Д. прируслово-пойменная	5	37,6–93,2	70,1 ± 9,5	43,6–96,6	21,3	30,4	13,6	70,0	8,3–22,8	16,7 ± 2,7	9,3–24,1	6,0	35,9	16,1	16,2

Таблица 9

Показатели состояния деревьев на ВПН

Порода	Доля деревьев по категориям состояния, %					Индекс состояния, %	Средняя дефолиация, %	Категория жизненного состояния деревьев
	без признаков ослабления	ослабленных	сильно ослабленных	усыхающих	сухостойных			
Береза	37,5	62,5	0,0	0,0	0,0	81,3	15,6	Здоровые с признаками ослабления
Дуб	19,1	38,5	30,9	2,1	9,3	58,6	25,0	Поврежденные
Граб	71,2	24,2	4,5	0,0	0,0	90,0	11,3	Здоровые
Осина	44,0	48,0	0,0	4,0	4,0	77,8	18,9	Ослабленные
Ольха черная	75,8	21,2	0,0	0,0	3,0	90,6	11,6	Здоровые
Клен	87,1	12,9	0,0	0,0	0,0	96,1	8,1	Здоровые
Сосна	78,9	15,8	5,3	0,0	0,0	92,1	11,3	Здоровые
Ясень	33,3	66,7	0,0	0,0	0,0	80,0	20,0	Здоровые с признаками ослабления
<i>В среднем</i>	28,7	36,3	25,5	1,8	7,7	64,3	22,6	Поврежденные

Наименьший из всех пород средний ИС деревьев дуба на ВПН (58,6%) указывает, что дубовый цензэлемент в древостоях представлен категорией «поврежденных» деревьев. Из остальных присутствующих в составе пород дерева граба, ольхи черной, клена и сосны являются в среднем здоровыми, березы и ясени – здоровыми с признаками ослабления, осины – ослабленными. Их рейтинг по увеличению ИС представляет следующий ряд: дуб < осина < ясень < береза < сосна < граб < ольха черная < клен.

Деревья дуба характеризуются наибольшей среди присутствующих в древостоях пород степенью дефолиации крон, которая снижается в ряду дуб > ясень > осина > береза > ольха черная > граб, сосна > клен (табл. 9).

Обобщенные оценки состояния дубрав.

Для более адекватных оценок состояния дубовых древостоев на территории с высокими уровнями радиоактивного загрязнения был выполнен анализ показателей состояния обследованных на ППН и ВПН насаждений.

Средний ИС всех древостоев дуба составил 62,9%, средняя степень дефолиации крон – 23,7%. Эти показатели, несмотря на широкие разбросы

индивидуальных значений, характеризуются малыми стандартными ошибками, высокой точностью и средними коэффициентами вариации (табл. 10), что свидетельствует об адекватности полученных результатов.

Увеличение количества анализируемых древостоев привело к появлению достоверных различий между средними ИС древостоев дубрав орляковой и снытевой ($t_{\text{расчетное}} = 2,442$, $t_{0,95} = 2,201$) и средними значениями степени дефолиации деревьев дубрав орляковой и снытевой ($t_{\text{расчетное}} = 2,875$, $t_{0,95} = 2,201$). Подтверждены достоверные отличия по этому показателю дубрав прирусловопойменной от дубрав орляковой ($t_{\text{расчетное}} = 3,354$, $t_{0,95} = 2,228$) и кисличной ($t_{\text{расчетное}} = 2,827$, $t_{0,95} = 2,110$), что в очередной раз подтверждает несомненное влияние эдафического фактора на состояние дубрав.

Санитарное состояние дубрав. Средневзвешенная категория, или индекс санитарного состояния (ИСС), насаждений дуба варьирует в пределах от 1,23 до 3,98 балла и оценивается средним баллом 2,33, характеризуемым высокой точностью (3,6%) и средним (20,9%) коэффициентом вариации (табл. 11).

Таблица 10

Статистические показатели состояния обследованных на ППН и ВПН древостоев дуба по типам леса

Тип леса	Индекс жизненного состояния, %							Степень дефолиации, %					
	<i>n</i>	min–max	<i>M</i> ± <i>m</i>	<i>C</i> <i>i</i>	σ	<i>V</i>	<i>p</i>	min–max	<i>M</i> ± <i>m</i>	<i>C</i> <i>i</i>	σ	<i>V</i>	<i>p</i>
Д. орляковая	6	41,9–71,4	55,9 ± 4,3	45,0–66,9	10,4	18,6	7,6	23,0–33,5	28,0 ± 1,5	24,0–32,0	3,8	13,6	5,5
Д. кисличная	13	48,7–76,1	61,1 ± 2,5	55,7–66,5	9,0	14,7	4,1	18,5–32,6	25,3 ± 1,4	22,3–28,3	4,9	19,5	5,4
Д. снытевая	7	62,2–73,8	67,2 ± 1,5	63,5–70,9	4,0	6,0	2,3	18,9–26,5	22,1 ± 1,1	19,4–24,9	3,0	13,5	5,1
Д. прируслово-пойменная	6	37,6–93,2	68,8 ± 7,9	48,4–89,1	19,4	28,2	11,5	8,3–22,8	17,6 ± 2,4	11,5–23,8	5,8	33,1	13,5
Д. широколиственно-пойменная	1	–	63,8	–	–	–	–	–	25,9	–	–	–	–
<i>Всего</i>	33	37,6–93,2	62,9 ± 2,0	58,9–67,0	11,4	18,1	3,2	8,3–33,5	23,7 ± 1,0	21,8–25,7	5,8	23,2	4,0

Таблица 11

Статистические показатели индекса санитарного состояния дубрав

Тип леса	<i>n</i>	min–max	$M \pm m$	<i>Ci</i>	σ	<i>Cv</i>	<i>p</i>	<i>Me</i>
Д. орляковая	6	2,45–3,98	$2,92 \pm 0,25$	2,29–3,55	0,60	20,6	8,4	2,74
Д. широколиственно-пойменная	1	–	2,27	–	–	–	–	–
Д. кисличная	13	1,23–2,78	$2,25 \pm 0,11$	2,00–2,50	0,41	18,3	5,1	2,26
Д. снытевая	7	1,91–2,26	$2,16 \pm 0,05$	2,04–2,28	0,13	6,0	2,3	2,24
Д. прируслово-пойменная	6	1,52–2,79	$2,10 \pm 0,18$	1,64–2,56	0,44	20,9	8,5	2,02
<i>Всего</i>	33	1,23–3,98	$2,33 \pm 0,08$	2,15–2,50	0,49	20,9	3,6	2,26

Среднеарифметический и медианный (доверительный интервал ИСС дубравы орляковой в нижнем сегменте выходит за пределы выборки) ИСС древостоев улучшаются в типологическом ряду дубрава орляковая < дубрава кисличная, дубрава широколиственно-пойменная < дубрава снытевая < дубрава прируслово-пойменная (табл. 11), что соответствует ряду их эдафотопов: $C_2 - C_2D_2$, $D_2 - D_{3п} - D_3 - B_2B_3$. Таким образом, ИСС плокорных дубрав улучшается с повышением трофности и влажности занимаемых ими эдафотопов. При этом лучшим состоянием выделяются насаждения дубравы прируслово-пойменной, приуроченные к менее богатым почвам.

По показателю ИСС только дубрава орляковая достоверно отличается от дубрав кисличной ($t_{расчетное} = 2,685$, $t_{0,95} = 2,110$), снытевой ($t_{расчетное} = 3,002$, $t_{0,95} = 2,201$) и прируслово-пойменной ($t_{расчетное} = 2,464$, $t_{0,95} = 2,228$).

Показатели состояния древостоев дуба связаны между собой средними высоко значимыми ($p < 0,01$) корреляциями разной направленности. С учетом нормальности распределения переменных (табл. 12) ИС древостоев имеет обратную связь со степенью дефолиации (r -Пирсона = $-0,736$) и прямую – с индексом санитарного их состояния (r -Спирмена = $0,561$); ИСС отрицательно коррелирует с показателем потери деревьями листвы (r -Спирмена = $-0,654$).

Таблица 12

Проверка переменных на нормальность распределения

Показатель	Индекс жизненного состояния, %	Степень дефолиации, %	Индекс санитарного состояния
Критерий Шапиро – Уилка	0,975	0,977	0,919
Уровень значимости, %	0,64*	0,69*	0,02

*Нормальное распределение.

Комплексная оценка состояния древостоев в ЗО ЧАЭС по всем четырем анализируемым показателям свидетельствует об улучшении их состояния в ряду плакорных типов леса – дубрава орляковая < дубрава кисличная < дубрава снытевая. По большинству параметров, кроме

степени поврежденности древостоев, состояние дубравы широколиственно-пойменной хуже дубравы прируслово-пойменной (рис. 3).

Средние показатели состояния всех дубрав указывают на преобладание поврежденных древостоев (ИС = 62,9%), высокую поврежденность в них деревьев (79,8%); ИСС насаждений (2,33) свидетельствует о преобладании категории «ослабленных» древостоев со значительной долей категории «сильно ослабленных». Поэтому в целом, несмотря на слабую поврежденность листвы (23,7%), состояние дубрав в ЗО ЧАЭС следует признать неудовлетворительным.

В основе ухудшения состояния древостоев дуба лежит физиологическое ослабление его деревьев по причине снижения запасов влаги в верхних слоях почв под воздействием устойчивого опускания уровней грунтовых вод в результате осушительных мелиораций в 1950–1980-х гг. и современного роста мощности и повторяемости засушливых явлений в регионе вследствие потепления климата; в ослабленном состоянии они интенсивнее заражаются грибными, вирусными и бактериальными болезнями, повреждаются листогрызущими и стволовыми энтомофагами [1, 3, 4, 14].

На юго-востоке Белорусского Полесья происходит быстрое усиление засушливости климата, особенно в летний период [11, 24, 25]. В Гомельской области среднегодовая температура воздуха за 1991–2020 гг. увеличилась в сравнении с 1961–1990 гг. на $1,3^\circ\text{C}$, среднегодовое испарение – на 22,7 мм, водный индекс, оценивающий запасы влаги в почве и растительности, сократился более чем на 80%, а на территории ЗО ЧАЭС в мае – июне 2000–2022 гг. наблюдался максимальный индекс аридности климата в стране (0,44–0,47), соответствующий полуаридным регионам [26].

Среднегодовая температура воздуха в ЗО ЧАЭС за 1997–2022 гг. увеличилась на $0,46^\circ\text{C}$ в сравнении со среднемноголетней величиной на расположенной рядом метеостанции «Брагин» и на $0,76^\circ\text{C}$ – со среднемноголетней величиной по Гомельской области [27]. По данным научно-исследовательской станции «Масаны» и метеостанции «Брагин» выделяются два временных промежутка (1997–2013 и 2014–2024 гг.), существенно различающихся по метеорологическим показателям тепло- и влагообеспеченности территории (табл. 13).

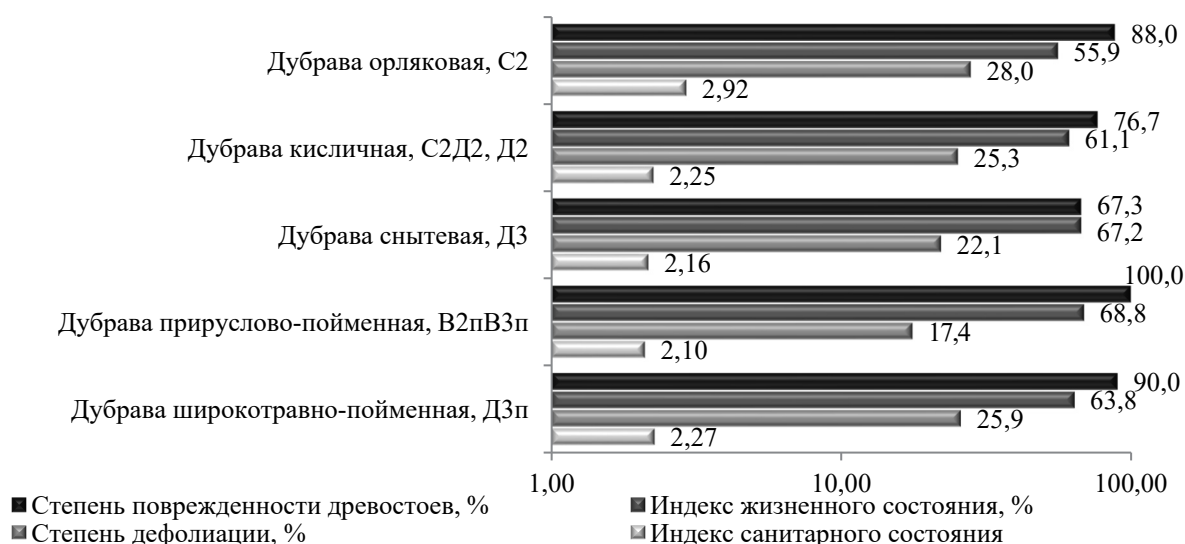


Рис. 3. Комплексная оценка состояния дубрав

Таким образом, повышение температуры воздуха, снижение суммы атмосферных осадков и уменьшение коэффициента увлажнения территории привело к значительному снижению влагообеспеченности почв, росту дефицита почвенной влаги, сокращению потребления ее деревьями, что способствовало их ослаблению и потере резистентности.

Таблица 13

Показатели тепло- и влагообеспеченности территории ЗО ЧАЭС по данным станции «Масаны» (1997–2021 гг.) и метеостанции «Брагин» (2022–2024 гг.)

Период	Средняя температура воздуха, °С	Количество осадков, мм	Коэффициент увлажнения территории по Иванову
1997–2012 (по [28])	7,8	609	1,05
1997–2013 (по [27])	–	619	1,10
2014–2024*	8,9	565	0,80

*По нашим расчетам.

Помимо перечисленных выше причин ухудшение состояния деревьев и древостоев дуба связано с ионизирующим излучением [17], воздействовавшим на дубравы в течение последних 38 лет, которое из-за осадков радиоактивных выпадений на кронах деревьев было очень высоким в первые месяцы и годы после аварии на ЧАЭС [29].

Мощность дозы гамма-излучения на ППН в 2023 г. колебалась в диапазоне 0,19–1,15 мкЗв/ч, в среднем составляла 0,41 мкЗв/ч (табл. 14) и в 3,4 раза превышала естественный радиационный фон (0,12 мкЗв/ч [30]). Очевидно, что на значительном промежутке жизни деревья росли

в условиях внешнего хронического облучения. Кроме того, накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr органами и тканями дуба [31] способствовало внутреннему облучению деревьев.

Таблица 14

Статистические показатели мощности дозы гамма-излучения на ППН, мкЗв/ч

n	min–max	$M \pm m$	C_i	σ	C_v	p
10	0,19–1,15	$0,41 \pm 0,09$	0,21–0,61	0,28	68,7	21,7

Полагаем, что низкие показатели состояния древостоев дубравы широколиственно-пойменной, несмотря на высокие индексы трофности и влажности эдафотопы (табл. 1), обусловлены нахождением ее в зоне наиболее жесткого радиационного загрязнения почвы [32] – в 16 км от места выброса радионуклидов, в то время как удаление остальных насаждений от ЧАЭС превышает 35 км.

На низкие оценки жизненного и санитарного состояния древостоев дубрав повлияло наличие в них значительного количества сухостоя (табл. 3, 6, 8) по причине длительного отсутствия лесохозяйственных мероприятий, в частности санитарных рубок.

Что касается воздушных эмиссий, то при преобладающих северо-западном и западном векторах розы ветров [27, 28] уровень концентрации загрязняющих веществ в воздухе расположенных на пути этих ветров ближайших к ЗО ЧАЭС городов Мозыре, Речице и деревни Пеньки Мозырского района в среднем находится намного ниже предельно допустимого [33]. Это дает основание говорить о несущественном влиянии данного фактора на состояние дубовых лесов.

Заключение. В 2023 г. в ЗО ЧАЭС создана сеть комплексного мониторинга лесных экосистем для слежения за состоянием дубрав на территории

с высоким уровнем радиоактивного загрязнения, включающая 10 ППН и 23 ВПН на 4 ММ общей протяженностью 23,2 км. На ее объектах получены исходные данные для проведения долговременных мониторинговых наблюдений в дубовых лесах.

Средний ИС древостоев обследованных дубрав составлял 62,9% (категория «поврежденных» насаждений) и варьировал в пределах 37,6–93,2%, средняя степень повреждения древостоев – 79,8% (54,0–100,0%). Степень дефолиации крон деревьев в дубравах изменялась в диапазоне 8,3–33,5% и в среднем составляла 23,7% (категория «слабоповрежденные»); ИСС насаждений дуба колебался в пределах 1,23–3,98, составляя в среднем 2,33 (категория «ослабленные»).

Состояние древостоев по всем этим параметрам улучшается в ряду плакорных типов леса (дубрава орляковая < дубрава кисличная < дубрава снытевая) и их эдафотопов ($C_2 < C_2D_2$, $D_2 < D_3$), фактически синхронно с возрастанием трофности и влажности почв. По ряду показателей оценка состояния пойменных дубрав выше, чем плакорных. Наилучшим состоянием характеризуются древостои дубрав приустьевых-пойменных. Территориальные различия состояния древостоев дуба не прослеживаются.

Усредненный ИС древесных пород возрастает в ряду дуб < осина < ясень < береза повислая < граб < ольха черная < сосна < клен; степень дефолиации крон снижается в ряду дуб > ясень > осина > береза повислая > ольха черная > граб, сосна > клен. У дуба преобладают ослабленные и сильно ослабленные деревья, в древостоях накоплено значительное количество старого сухостоя.

Древостои дубрав сильно повреждены природными факторами (антропогенные отсутствуют). Степень их повреждения возрастает от плакорных

дубрав до пойменных, а в пределах экологических групп – по мере ухудшения трофности почв и снижения индекса их влажности. Степень повреждения древесных пород уменьшается в ряду дуб > ясень > ольха черная > клен > береза повислая > граб.

Деревья повреждены комплексом факторов, включающим поражение листьев энтомофидителями (69,4% деревьев), грибными болезнями (33,8%), стволовыми гнилями (20,8%), бактериальной водянкой (5,8%), сердцевинной гнилью (2,2%), поперечным раком, стволовыми вредителями (по 2,0%), сухобокостью и погрызами коры дикими копытными (по 0,8%), ударами молний (0,4%).

Неудовлетворительное современное состояние дубрав в ЗО ЧАЭС обусловлено снижением влагообеспеченности верхних слоев почв из-за устойчивого понижения грунтовых вод в результате осушительных мелиораций в прошлом и современного потепления климата, хроническим воздействием внешнего и внутреннего ионизирующего облучения, особенно в первое время после ядерной катастрофы на ЧАЭС. Длительное отсутствие лесохозяйственных мероприятий способствовало развитию и распространению очагов вредителей и болезней, а накопление сухостоя отразилось на занижении оценок жизненного и санитарного состояния древостоев дуба. Весь этот комплекс факторов привел к ослаблению деревьев, заражению их болезнями и повреждению энтомофидителями разных трофических групп, что полностью согласуется с данными исследований, проводимых в странах дальнего зарубежья [8].

Работа выполнена в рамках Государственной программы по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на 2021–2025 гг. (мероприятие 65.10*(37.9)).

Список литературы

1. Гельтман В. С., Моисеенко И. Ф. Пойменные леса Припяти и их трансформация в связи с мелиорацией. Минск: Навука і тэхніка, 1990. 118 с.
2. Гримашевич В. В., Маховик И. В., Левенкова О. В. Пойменные дубравы Республики Беларусь и их состояние // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. Ин-та леса Нац. акад. наук Беларуси. Гомель, 2007. Вып. 67. С. 37–49.
3. Водные ресурсы Национального парка «Припятский», их влияние на состояние лесных экосистем / А. В. Углынец [и др.]. Минск: БГПУ, 2007. 163 с.
4. Сазонов А. А., Звягинцев В. Б. К вопросу о причинах массового усыхания дубовых лесов Беларуси в начале XXI века // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. Ин-та леса Нац. акад. наук Беларуси. Гомель, 2010. Вып. 70. С. 572–588.
5. Усеня В. В., Потапенко А. М. Современное состояние дубрав и их естественное возобновление на юго-востоке Беларуси // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. Ин-та леса Нац. акад. наук Беларуси. Гомель, 2017. Вып. 77. С. 135–150.
6. Лазарева М. С., Климович Л. К., Климов А. В. Особенности формирования дубравы кисличной // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. Естественные науки. 2020. № 6 (123). С. 50–55.
7. 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.

8. Effects of air pollution on forests // United Nations. URL: <https://aqmx.org/ru/resources/effects-air-pollution-forests> (дата обращения: 23.12.2024).
9. Литвинова А. Н. Роль листогрызущих насекомых в усыхании пойменных дубрав // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. Ин-та леса Нац. акад. наук Беларуси. Гомель, 1998. Вып. 48. С. 349–352.
10. Экологоориентированное развитие лесного хозяйства Беларуси в условиях климатических изменений / И. В. Войтов [и др.]. Минск: БГТУ, 2019. 201 с.
11. 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.
12. Пространственно-временные изменения почвенных засух на территории Белорусского Полесья в условиях современного изменения климата / В. И. Мельник [и др.] // Природные ресурсы. 2021. № 1. С. 15–21.
13. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение / В. А. Алексеев [и др.]. Ленинград: Наука, 1990. 197 с.
14. Углянец А. В., Гарбарук Д. К., Шумак С. В. Динамика и продуктивность дубрав в условиях отсутствия хозяйственной деятельности на юго-востоке Белорусского Полесья // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2022. № 2 (258). С. 55–66. DOI: 10.52065/2519-402X-2022-258-2-55-66.
15. Оценка доз облучения сосны обыкновенной в ближней зоне Чернобыльских выпадений / Н. И. Булко [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2019. № 1 (68). С. 38–45.
16. Переволоцкая Т. В., Переволоцкий А. Н., Гераськин С. А. Дозы облучения сосновых насаждений в белорусском секторе 30-километровой зоны вокруг Чернобыльской АЭС на современном этапе // Радиационная биология. Радиоэкология. 2023. Т. 63, № 3. С. 300–310. DOI: 10.31857/S0869803123030116.
17. Что мы узнали о биологических эффектах облучения в ходе 35-летнего анализа последствий аварии на Чернобыльской АЭС? / С. А. Гераськин [и др.] // Радиационная биология. Радиоэкология. 2021. Т. 61, № 3. С. 234–260. DOI: 10.31857/S0869803121030061.
18. Сарапульцев Б. И., Гераськин С. А. Генетические основы радиорезистентности и эволюция. М.: Энергоатомиздат, 1993. 208 с.
19. Ильющик М. А., Жибуль А. А. Мониторинг и оценка состояния лесов // Мониторинг и оценка состояния растительного мира: материалы VI международ. науч. конф., Минск – Лясковичи, 9–13 окт. 2023 г. Минск, 2023. С. 62–64.
20. Гарбарук Д. К., Углянец А. В., Шумак С. В. Радиационно-экологический мониторинг лесных экосистем зоны отчуждения Чернобыльской АЭС // Мониторинг и оценка состояния растительного мира: материалы VI международ. науч. конф., Минск – Лясковичи, 9–13 окт. 2023 г. Минск, 2023. С. 191–193.
21. Nita G. Tallent-Halsel. Forest Health Monitoring. Field Methods Guides. Las Vegas: Environmental Monitoring Systems Laboratory, 1995. 337 p.
22. Гарбарук Д. К., Углянец А. В. Структура ясеневых лесов Полесского государственного радиационно-экологического заповедника // Особо охраняемые природные территории Беларуси. Исследования: сб. науч. ст. Березин. биосфер. заповедника. Минск, 2023. Вып. 18. С. 50–69.
23. Звягинцев В. Б., Сазонов А. А. Массовое усыхание ясеня обыкновенного в Беларуси // Грибные сообщества лесных экосистем: материалы координационных исследований. 2012. Т. 3. С. 159–178.
24. Данилович И. С., Гледко Ю. А., Тарасевич И. В. Повторяемость засух на территории Беларуси в связи с атмосферной циркуляцией в Атлантико-Европейском секторе // Метеорология и гидрология. 2023. № 9. С. 61–71. DOI: 10.52002/0130-2906-2023-9-61-71.
25. Бровка Ю. А. Особенности атмосферного увлажнения на территории Беларуси в летний период при современном изменении климата // Природные ресурсы. 2024. № 2. С. 5–16.
26. Лысенко С. А., Хитриков М. А. Оценки современных изменений биоклиматических параметров почвенно-растительного покрова Гомельской области // Природные ресурсы. 2024. № 2. С. 17–29.
27. Калиниченко С. А., Марченко Ю. Д., Белаш В. Е. Тенденции изменения климата в белорусском секторе ближней зоны Чернобыльской АЭС // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. 2024. № 4. С. 4–17. DOI: 10.46646/2521-683X/2024-4-4-17.
28. 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.
29. Щеглов А. И. Биогеохимия техногенных радионуклидов в лесных экосистемах: по материалам 10-летних исследований в зоне влияния аварии на ЧАЭС. М.: Наука, 2000. 268 с.

30. Радиационно-экологический мониторинг // Белгидромет. URL: <https://rad.org.by/monitoring/radiation.html> (дата обращения: 29.01.2025).
31. Углынец А. В., Гарбарук Д. К. Накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr компонентами древостоя, подроста и подлеска в дубравах зоны отчуждения Чернобыльской АЭС // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. Ин-та леса Нац. акад. наук Беларуси. Гомель, 2019. Вып. 79. С. 236–247.
32. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси (АСПА Россия – Беларусь) / под ред. Ю. А. Израэля, И. М. Богдевича. М.: Фонд «Инфосфера» – НИА-Природа; Минск: Белкартография, 2009. 140 с.
33. Ежегодник состояния атмосферного воздуха // Белгидромет. URL: <https://rad.org.by/articles/vozduh/ezhegodnik-sostoyaniya-atmosferного-vozduha-2023/> (дата обращения: 28.02.2025).

References

1. Gel'tman V. S., Moiseenko I. F. *Poymennyye lesa Prip'yati i ikh transformatsiya v svyazi s melioratsiyey* [Pripyat floodplain forests and their transformation in connection with melioration]. Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1990. 118 p. (In Russian).
2. Grimashevich V. V., Makhovik I. V., Levenkova O. V. Floodplain oak forests of the Republic of Belarus and their condition. *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, 2007, issue 67, pp. 37–49 (In Russian).
3. Uglyanets A. V., Vlasov B. P., Khmelevskiy V. I., Rudakovskiy I. A., Gigevich G. S., Arkhipenko T. V., Chekan G. S. *Vodnyye resursy Natsional'nogo parka "Pripyatskiy", ikh vliyaniye na sostoyaniye lesnykh ekosistem* [Water resources of the National park "Pripyatsky", their influence on a forest ecosystems condition]. Minsk, BGPU Publ., 2007. 163 p. (In Russian).
4. Sazonov A. A., Zvyagintsev V. B. On the causes of mass drying out of oakwoods in Belarus early in the 21st century. *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, 2010, issue 70, pp. 572–588 (In Russian).
5. Usenya V. V., Potapenko A. M. Current state of oak groves and their natural renewal in the southeast of Belarus. *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, 2017, issue 77, pp. 135–150 (In Russian).
6. Lazareva M. S., Klimovich L. K., Klimov A. V. Formation peculiarities of wood sorrel oak forest. *Izvestiya Gomel'skogo gosudarstvennogo univetsiteta imeni F. Skoriny. Yestestvennyye nauki* [Proceedings of Francisk Skorina Gomel State University. Natural sciences], 2020, no. 6 (123), pp. 50–55 (In Russian).
7. 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).
8. Effects of air pollution on forests. Available at: <https://aqmx.org/ru/resources/effects-air-pollution-forests> (accessed 23.12.2024).
9. Litvinova A. N. Role of leaf-eating insects in drying of floodplain oak forests. *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, 1998, issue 48, pp. 349–352 (In Russian).
10. 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).
11. 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).
12. Mel'nik V. I., Piskunovich N. G., Buyakov I. V., Yatsukhno V. M., Shumskaya T. G. The spatio-temporal pattern of soil droughts on the territory of the Belarussian Polesia in accordance with current climate change. *Prirodnyye resursy* [Natural Resources], 2021, no. 1, pp. 15–21 (In Russian).
13. 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 atmosferynoye zagryazneniye* [Forest ecosystems and atmospheric pollution]. Leningrad, Nauka Publ., 1990. 197 p. (In Russian).

14. Uglyanets A. V., Garbaruk D. K., Shumak S. V. Dynamics and productivity of oak forests in the absence of economic activities in the south-east of the Belarusian Polesye. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2022, no. 2 (258), pp. 55–66. DOI: 10.52065/2519-402X-2022-258-2-55-66 (In Russian).
15. Bulko N. I., Potapenko A. M., Kozlov A. K., Mokhnachev P. E. Assessment of irradiation doses of the pine in the near zone of the Chernobyl fallout. *Lesa Rossii i khozyaystvo v nikh* [Forests of Russia and economy in them], 2019, no. 1 (68), pp. 38–45 (In Russian).
16. Perevolotskaya T. V., Perevolotskiy A. N., Geras'kin S. A. Radiation doses of pine stands in the belarusian sector of the 30-kilometer zone around the Chernobyl Nuclear Power Plant at the present stage. *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya* [Radiation biology. Radioecology], 2023, vol. 63, no. 3, pp. 300–310. DOI: 10.31857/S0869803123030116 (In Russian).
17. Geras'kin S. A., Fesenko S. V., Volkova P. Yu., Isamov N. N. What have we learned about the biological effects of radiation during the 35-year analysis of the consequences of the Chernobyl NPP accident? *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya* [Radiation biology. Radioecology], 2021, vol. 61, no. 3, pp. 234–260. DOI: 10.31857/S0869803121030061 (In Russian).
18. Sarapul'tsev B. I., Geras'kin S. A. *Geneticheskiye osnovy radiorezistentnosti i evolyutsiya* [Genetic bases of radioresistance and evolution]. Moscow, Energoatomizdat Publ., 1993. 208 p. (In Russian).
19. Il'yuchik M. A., Zhibul' A. A. Monitoring and assessment of forest condition. *Monitoring i otsenka sostoyaniya rastitel'nogo mira: materialy VI mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Vegetation monitoring and assessment: proceedings of the international scientific conference], Minsk, 2023, pp. 62–64 (In Russian).
20. Garbaruk D. K., Uglyanets A. V., Shumak S. V. Radiation-ecological monitoring of forest ecological systems of the Chernobyl NPP exclusion zone. *Monitoring i otsenka sostoyaniya rastitel'nogo mira: materialy VI mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Vegetation monitoring and assessment: proceedings of the international scientific conference], Minsk, 2023, pp. 191–193 (In Russian).
21. Nita G. Tallent-Halsel. Forest Health Monitoring. Field Methods Guides. Las Vegas: Environmental Monitoring Systems Laboratory, 1995. 337 p.
22. Garbaruk D. K., Uglyanets A. V. Structure of ash forests in Polesye State Radiation-Ecological Reserve. *Osobo okhranyayemye prirodnyye territorii Belarusi. Issledovaniya: sbornik nauchnykh statey Berezinskogo biosfernogo zapovednika* [Specially Protected Natural Areas of Belarus. Studies: collections of scientific papers of the Berezinski Biosphere Reserve]. Minsk, 2023, issue 18, pp. 50–69 (In Russian).
23. Zvyagintsev V. B., Sazonov A. A. Mass death of ash trees in Belarus. *Gribnyye soobshchestva lesnykh ekosistem* [Fungal Communities in Forest Ecosystems], 2012, vol. 3, pp. 159–178 (In Russian).
24. Danilovich I. S., Gledko Yu. A., Tarasevich I. V. Drought frequency in Belarusin connection with atmospheric circulation in the Euro-Atlantic sector. *Meteorologiya i gidrologiya* [Meteorologiya i Gidrologiya], 2023, no. 9, pp. 61–71. DOI: 10.52002/0130-2906-2023-9-61-71 (In Russian).
25. Brovka Yu. A. Features of atmospheric humidification on the territory of Belarus in summer under modern climate change. *Prirodnye resursy* [Natural Resources], 2024, no. 2, pp. 5–16 (In Russian).
26. Lysenko S. A., Khitrikov M. A. Estimation of modern changes in the bioclimatic characteristics of the soil and plant cover of the Homiel Region. *Prirodnye resursy* [Natural Resources], 2024, no. 2, pp. 17–29 (In Russian).
27. Kalinichenko S. A., Marchenko Yu. D., Belash V. E. Climate change trends in the Belarusian sector of exclusion zone of the Chernobyl NPP. *Zhurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekologiya* [Journal of the Belarusian State University. Ecology], 2024, no. 4, pp. 4–17. DOI: 10.46646/2521-683X/2024-4-4-17 (In Russian).
28. Marchenko Yu. D. Weather-climate conditions in the near zone of Chernobyl NPP. *Ekosistemy i radiatsiya: aspekty sushchestvovaniya i razvitiya: sbornik nauchnykh trudov Poles'skogo 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).
29. Shcheglov A. I. *Biogeokhimiya tekhnogennyykh radionuklidov v lesnykh ekosistemakh: po materialam 10-letnikh issledovaniy v zone vliyaniya avarii na ChAES* [Biogeochemistry of technogenic radionuclides in forest ecosystems: based on the materials of 10 years of research in the zone of influence of the Chernobyl accident]. Moscow, Nauka Publ., 2000. 268 p. (In Russian).
30. Radiation and ecological monitoring. Available at: <https://rad.org.by/monitoring/radiation.html> (accessed 29.01.2025) (In Russian).
31. Uglyanets A. V., Garbaruk D. K. ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr accumulation of stand, regrowth and undergrowth components in oak forests of the Chernobyl NPP exclusion zone. *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, 2019, issue 79, pp. 236–247 (In Russian).

32. *Atlas sovremennykh i prognozykh aspektov posledstviy avarii na Chernobyl'skoy AES na postradavshikh territoriyakh Rossii i Belarusi (ASPA Rossiya – Belarus')* [The Atlas of recent and predictable aspects of consequences of Chernobyl accident on polluted territories of Russia and Belarus (ARPA Russia – Belarus)]. Moscow, Fond "Infosfera" – NIA-Priroda Publ.; Minsk, Belkartografiya Publ., 2009. 140 p. (In Russian).

33. Air quality yearbook. Available at: <https://rad.org.by/articles/vozduh/ezhegodnik-sostoyaniya-atmosfernogo-vozduha-2023/> (accessed 28.02.2025) (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

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

Угльянец 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

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

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

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

Поступила 12.03.2025