

УДК 630\*551.521

## Состояние дочернобыльских сосновых лесов в 30-километровой зоне ЧАЭС

Н.И. Булко<sup>1</sup>, А.М. Потапенко<sup>1</sup>, Н.В. Митин<sup>2</sup>, В.В. Бутковец<sup>1</sup>, А.К. Козлов<sup>1</sup>,  
Н.В. Толкачева<sup>1</sup>, И.А. Машков<sup>1</sup>, В.А. Серенкова<sup>1</sup>

Исследована жизнеспособность сосновых лесов дочернобыльского происхождения в 30-км зоне ЧАЭС, их санитарное состояние и биологическая устойчивость. Установлено, что сосновые насаждения по санитарному состоянию являются поврежденными. По степени ухудшения санитарного состояния сосновые насаждения составляет ряд: С чер – С мш – С вер – С лш. Характеризуются как насаждения с нарушенной устойчивостью (2 класс) 71,4 % обследованных сосновых насаждений.

**Ключевые слова:** сосновые леса, радионуклиды, санитарное состояние.

The vitality of pine forests, their sanitary condition and biopersistence were studied in the article. These forests had grown before the Chernobyl disaster, and they are located in the Chernobyl Nuclear Power Plant Zone of Alienation (in the 30 kilometre zone). It was found out that by its sanitary condition pine woodland had been injured. Pine woodland makes the series «bilberry pine forest – moss-covered pine forest – ericetal pine forest – lichen pine forest» according to the degree of deterioration in sanitary condition. 71,4 % of the studied pine woodland can be characterized as woodland with affected resistance (of the 2nd grade).

**Keywords:** pine forests; radioactive nuclides; sanitary condition.

**Введение.** После аварии на ЧАЭС в загрязненной радионуклидами 30-км зоне оказалась часть лесных массивов Комаринского, Хойникского (на момент аварии Первомайского) и Наровлянского лесхозов Гомельского ГПЛХО, леса которых задержали значительную часть радионуклидов, выпавших на эту территорию.

К настоящему времени сохранились только доаварийные лесопожарные карты лесхозов, по которым возможно соотнести участки лесов, оказавшиеся в 30-км зоне, с участками лесных массивов на картах Полесского государственного радиэкологического заповедника (ПГРЭЗ) лесоустройства 2012 г. К настоящему времени доаварийные таксационные описания и планшеты не обнаружены.

В состоянии лесных массивов дочернобыльского происхождения в 30-км зоне к настоящему времени произошли значительные изменения, обусловленные:

- затоплением территории мелиорированных низинных болот (31803 га);
- лесными пожарами, особенно 1992, 1996, 2003, 2015 гг. (10160 га);
- повреждением насаждений сосны стволовыми вредителями (по разным оценкам от 1000 до 5000 га);
- комплексом выполняемых противопожарных мероприятий (устройство противопожарных разрывов шириной до 200 м, противопожарных водоемов и др.).

В то же время в них разрушались без ухода такие элементы инфраструктуры, как лесные дороги, кварталные просеки, мелиоративная сеть. Внесли свой вклад в снижение устойчивости массивов дочернобыльского происхождения и климатические изменения, обусловившие адаптацию и выживание вредоносных насекомых, вспышки их численности и усиление деградационных процессов в насаждениях.

Загрязнение радионуклидами природной среды становится фактором, изменяющим естественные свойства лесных экосистем, обуславливающим формирование фитоценозов с особыми условиями роста и развития растений. Динамика лесистости и породного состава насаждений становится комплексным показателем воздействия на лес. Состав новых поколений леса близкий к породному составу первого яруса при естественном развитии лесных сообществ возможен только в единичных случаях [1]. Подтверждением данного тезиса становятся кардинальные изменения породного состава ряда лесных насаждений в зоне отчуждения, значительно поврежденных вершинным короедом. Сложившиеся на этой территории

в доаварийный период антропоморфные культурфитоценозы в результате аварии на ЧАЭС в отсутствие лесохозяйственных мероприятий стали терять биологическую и противопожарную устойчивость [2], [3].

Биологическая устойчивость лесных экосистем – одна из ключевых проблем экологии. Только в настоящее время изучению механизмов и параметров устойчивости лесов, их способности противостоять разрушающим воздействиям стали уделять должное внимание [4], [5]. Среди важнейших факторов устойчивости биологических систем фигурируют биоразнообразие и продуктивность.

Значимым показателем ответной реакции насаждений на техногенное воздействие является радиальный прирост деревьев. Сравнивая анализ хода роста деревьев сосны до и после аварии на ЧАЭС, установлено, что деревья без признаков ослабления имеют положительную связь текущего годичного прироста с плотностью загрязнения почвы в местах их произрастания. Отмечается более интенсивное увеличение годичных колец как в целом, так и ранней и поздней древесине [3], [6], [7]. Изменения размера годичных колец для сильно ослабленных и усыхающих деревьев не позволяют судить о сколько-нибудь заметной ростовой реакции деревьев этих категорий на плотность загрязнения почвы радиоцезием [3], [6], [8], [9].

Цель данной работы – определить жизнеспособность сосновых лесов дочернобыльского происхождения в 30-км зоне ЧАЭС, их санитарное состояние и биологическую устойчивость.

**Объекты и методы исследования.** Исследования выполнялись в сосновых лесах дочернобыльского происхождения в 30-км зоне ЧАЭС в ПГРЭС на 14 объектах, в т. ч. в Крюковском лесничестве – 9 объектов, Радинском – 2, Верхнеслободском – 3.

Объекты были заложены в лишайниковом – 2, вересковом – 1, мшистом – 9, черничном – 1 типах леса.

Как видно из таксационной и радиационной характеристик исследуемых насаждений (таблица 1), в настоящее время 78,6 % исследуемых сосняков имеют полноту выше 1,0, под пологом располагается густой подлесок, активно идет накопление отпада. Запас древесины в приспевающих насаждениях достигает более 600 м<sup>3</sup>/га. Мощность дозы излучения в местах закладки опытных объектов – от 0,22 до 8,4 мкЗв/час.

Объекты заложены по общепринятым в лесоводстве, лесной таксации и геоботанике методикам [10]–[13]. Статистическая обработка полученных данных проводилась с помощью компьютерных программ Excel 2019, Statistica 6.0.

Исследование санитарного состояния сосновых насаждений в 30-километровой зоне ЧАЭС проводилось в соответствии с Санитарными правилами в лесах Республики Беларусь [14].

Санитарное состояние древостоев оценивалось по индексу состояния [15], который рассчитывался для каждой пробной площади по формуле:

$$I_n = \frac{\sum I_k \cdot n}{N},$$

где  $I_n$  – индекс состояния насаждения;  $I_k$  – балл деревьев для определения категории состояния;  $n$  – количество деревьев данной категории состояния;  $N$  – количество деревьев на пробной площади.

Оценка класса биологической устойчивости насаждений осуществлялась по существующей шкале [14].

Для изучения сукцессионных процессов в насаждениях выполнялись следующие работы:

– определение таксационных характеристик насаждений (диаметр и высота с распределением деревьев по классам Крафта [10], сумма площадей поперечного сечения, запас, полнота, бонитет);

– учет естественного возобновления леса, подлеска, живого напочвенного покрова по ярусам, который проводился на учетных площадках площадью 1–4 м<sup>2</sup>, расположенных на пробе конвертом [12];

– отбор кернов для определения текущего прироста по диаметру и запасу деревьев по учетным периодам – приростным буровом из пяти деревьев в каждой из центральных ступеней толщины или из пяти деревьев в каждом из основных классов Крафта на высоте 1,3 м до сердцевины ствола (всего не менее 20 кернов). Обработка материалов таксации велась в соответствии с [10].

Таблица 1 – Таксационные показатели и радиационная характеристика сосновых насаждений на пробных площадях в зоне отчуждения ПГРЭС

№ пп	Лесничество	Квартал / выдел	Состав	Возраст, лет	D, см	H, м	Бонитет	Полнота	Тип леса	Запас по породам, м <sup>3</sup> /га	Общий запас, м <sup>3</sup> /га	МД, мкЗв/час
1	Верхне-слободское	82/13	7С	36	18,2	13,1	II	0,25	С. лщ.	33,5	45,5	3,85
			3Б		16,8	14,2				12,0		
2	Крюковское	54/2	10С	48	12,4	12,1	III	0,28	С. лщ.	51,4	51,4	5,54
3	Верхне-слободское	70/26	8С	42	23,1	14,7	II	0,53	С. вер.	82,6	107,3	0,55
			2Б		12,3	13,7				24,7		
4	Радинское	78/2	10С	57	18,2	18,8	II	1,22	С. мш.	382,2	382,2	2,18
5	Крюковское	18/6	10С	66	22,3	21,3	I	1,46	С. мш.	533,9	533,9	6,03
6	Верхне-слободское	86/14	9С	61	21,3	19,2	II	1,32	С. мш.	369,9	404,1	5,01
			1Б		18,3	17,1				34,2		
7	Радинское	90/4	10С	66	22,2	25,8	Ia	1,33	С. мш.	616,6	616,6	2,83
8	Крюковское	5/23	10С	83	30,7	26,8	I	1,23	С. мш.	575,0	585,2	0,50
			+Б		23,6	19,3				10,2		
9	Крюковское	74/11	10С	62	28,0	23,6	I	1,21	С. мш.	473,0	488,3	0,22
			+Б		20,4	18,1				15,3		
10	Крюковское	74/12	10С	60	21,9	20,6	I	1,15	С. мш.	402,3	402,3	0,24
11	Крюковское	60/6	10С	37	16,6	18,5	I <sup>a</sup>	1,11	С. мш.	323,5	337,3	1,87
			+Б		16,4	19,1				13,8		
12	Крюковское	44/20	10С	81	30,9	26,4	I	1,29	С. мш.	612,6	612,6	8,25
13	Крюковское	24/13	10С	66	27,4	21,9	I	1,23	С. мш.	463,2	463,2	8,40
14	Крюковское	43/16	9С	88	53,1	28,9	I	1,19	С. чер.	522,2	555,1	6,61
			1Д		13,0	13,2				31,4		
			+Б		16,0	16,1				1,5		

**Результаты и их обсуждение.** Леса дочернобыльского происхождения, как отмечалось выше, вошедшие в 30-км зону Чернобыльской АЭС, относились к лесному фонду Комаринского, Хойникского (на момент аварии – Первомайского) и Наровлянского лесхозов. Незначительную часть их (около 1,0 тыс. га) составили колхозные леса, представленные насаждениями мягколиственных пород.

Общая площадь лесов дочернобыльского происхождения в 30-км зоне составила 20 тыс. га. Из них на долю сосновых насаждений пришлось 90,5 % (18,1 тыс. га).

По состоянию на 2012 г. молодняки дочернобыльского происхождения составляли 20,2 %, средневозрастные – 70,4 %, припевающие, спелые и перестойные – 9,4 %. Преобладающими являются сосняки лишайниковые (18,1 %), вересковые (27,6 %), мшистые (49,1 %), черничные (7,6 %).

Анализ распределения по классам бонитета показал, что сосняки I бонитета – 22,1 %, II бонитета составляют 48,9 %, III бонитета – 18,7 %. Среди них преобладают сосняки с полнотой 0,6–0,8 (63,8 %). На долю высокополнотных (0,9–1,0) приходится 17,7 %.

До аварии на ЧАЭС в Республике Беларусь велось высокоэффективное лесное хозяйство. Рубки ухода в сосновых лесах проводились регулярно с установленной периодичностью, в насаждениях подлежали вырубке деревья низших категорий санитарного состояния (далее – категории состояния).

В итоге, сосновые насаждения, в том числе и в 30-км зоне ЧАЭС, имели повышенные индексы состояния (ИС) от 1,2 до 1,7. По данным исследований В.В. Степанчика, А.И. Василенко [16] на контрольных объектах в районе г. Гомеля и г. Мозыря, входивших в систему объектов для мониторинга техногенного загрязнения воздушной среды в лесу и попавших в

зону радиоактивного загрязнения, сосновые насаждения характеризовались преобладанием здоровых и ослабленных древостоев. При этом древостой сосны 2 класса возраста относился к категории ослабленные (82 %), реже – сильно ослабленные (18 %), а 3 класса возраста оценивались как здоровые (27 %) и ослабленные (73 %) [17].

В настоящее время санитарное состояние сосновых древостоев в 30-км зоне ЧАЭС сильно изменилось из-за прекращения лесохозяйственной деятельности.

Результаты исследования сосновых насаждений, проведенного в 30-км зоне ЧАЭС на 14 объектах в преобладающих типах леса показали, что основная масса деревьев сосны относится ко второй (57,1 %) и третьей (35,7 %) категориям состояния, т.е. ослабленные и сильно ослабленные (таблица 3). При этом индекс санитарного состояния составлял от 1,5 на объекте 14 до 2,9 на объекте 2.

Показатели устойчивости сосны обыкновенной 2–5 классов возраста на пробных площадях объектов 1–14 в 30-км зоне ЧАЭС показали, что в исследуемой зоне санитарное состояние сосны в насаждениях значительно различается в зависимости от типа леса.

Установлено, что в сосняках лишайниковых (объекты 1, 2) основная масса деревьев сосны (64,3 % от общего количества деревьев) относится к 3 категории санитарного состояния (ИС-2,8), т.е. они сильно ослаблены. Доля деревьев 2 категории (ослабленные древостой) составляет 20,4 %, при этом здоровых деревьев – 6,9 %, усыхающих и сухостойных – соответственно 3,6 и 4,9 % (таблица 2).

В сосняке вересковом (объект 3) основная масса деревьев сосны (36,8 % от общего количества деревьев) относится ко 2 категории состояния (ИС-2,2), т.е. они ослаблены. Долевая часть деревьев 3 категории (сильно ослабленные древостой) составляет 31,6 %, доля здоровых деревьев – 36,8 %, сухостойных – 10,5 %.

В сосняках мшистых (объекты 4–13) основная масса деревьев сосны (31,1 % от общего количества деревьев) относится ко 2 категории состояния (ИС-2,3), т.е. они ослаблены.

Долевая часть деревьев 3 категории в сосняках мшистых составляет 11,3 %, доля здоровых – 37,3 %, усыхающих и сухостойных – соответственно 3,6 и 16,7 %.

Установлено, что наибольшая доля здоровых деревьев сосны отмечается в сосняке черничном (объект 14) – 52,6 %. Ослабленные деревья в этом типе леса составляют 47,4 %, сильно ослабленные и другие категории отсутствовали. В сосняках черничных доля ослабленных деревьев сосны обыкновенной увеличилась в 1,6 раза по сравнению с сосняками мшистыми. Наибольшая доля деревьев 3 и 4 категорий состояния (67,9 %) была отмечена в сосняке лишайниковом. В то же время наибольшая часть деревьев 5 и 6 категорий (16,7 %) наблюдалась в сосняках мшистых.

Таблица 2 – Санитарное состояние сосновых насаждений в 30-км зоне ЧАЭС (2019 год)

№пп	Тип леса	Возраст древостоя, лет	Категория санитарного состояния древостоя, %						ИС
			1	2	3	4	5	6	
1	С. лш.	36	10,4	10,4	75	4,2	–	–	2,7
2	С. лш.	48	2,4	31,0	50,0	7,1	9,5	–	2,9
3	С. вер.	42	36,8	31,6	21,1	10,5	–	–	2,1
4	С. мш.	57	33,5	24,9	16,1	7,3	18,2	–	2,6
5	С. мш.	66	29,3	21,8	14,3	10,5	24,1	–	2,8
6	С. мш.	61	28,9	31,3	6,0	3,6	30,1	–	2,8
7	С. мш.	66	33,3	35,0	10,0	8,3	13,3	–	2,3
8	С. мш.	83	45,9	35,1	13,5	5,4	–	–	1,8
9	С. мш.	62	37,3	28,2	9,1	–	25,5	–	2,5
10	С. мш.	60	25,6	29,5	24,4	10,3	10,3	–	2,5
11	С. мш.	37	38,8	29,6	11,2	4,1	16,3	–	2,3
12	С. мш.	81	54,5	28,6	7,8	–	9,1	–	1,8
13	С. мш.	66	53,8	33,3	–	–	12,8	–	1,9
14	С. чер.	88	52,6	47,4	–	–	–	–	1,5

Таким образом, санитарное состояние сосновых насаждений в 30-км зоне ЧАЭС ухудшается в ряду: С. чер – С. мш – С. вер – С. лш. Наиболее устойчивыми являются сосняки черничные. Проведенный анализ санитарного состояния сосновых древостоев в 30-км зоне ЧАЭС показал сходные тенденции их устойчивости в зависимости от типа леса, полученных в предыдущих исследованиях в дальней зоне чернобыльских выпадений, а также от возраста древостоя. Сосновые насаждения, произрастающие в лишайниковом типе леса, оказались менее устойчивыми среди изученных сосновых насаждений различных типов леса в 30-км зоне ЧАЭС. Среди них наиболее устойчивыми оказались древостои, произрастающие в условиях С<sub>3</sub> (сосняки черничные).

Отмечено, что сосновые насаждения 2 класса возраста по санитарному состоянию характеризуются преобладанием ослабленных и сильно ослабленных деревьев (49,6 % от общего количества); 3 класса возраста – ослабленных и сильно ослабленных (38,1 %), а также усыхающих и сухостойных деревьев (31,8 %); 4 класса возраста – ослабленных и сильно ослабленных (45,8 %); 5 класса возраста – здоровых (54,2 %) и ослабленных (34,9 %) деревьев.

Характеристика биологической устойчивости сосновых насаждений в 30-км зоне на пробных площадях показала, что исходя из полученных данных по запасу отпада, доля деревьев 2 и 3 категорий состояния из всего объема обследованных насаждений 71,4 % относится ко 2 классу биологической устойчивости (таблица 3), т. е. характеризуются нарушенной устойчивостью.

Анализ долевой структуры общего запаса исследованных сосновых насаждений показал, что в сосняках 2 класса возраста наибольший отпад составляет 16,3 %, в 3 классе возраста – 35,0 %, в 4 классе возраста – 29,4 % и в 5 классе возраста – 13,8 %, наименее – в сосняках лишайниковых.

Таблица 3 – Биологическая устойчивость сосновых насаждений в 30-км зоне (2019 год)

№ пп	Тип леса	Возраст древостоя, лет	Запас отпада, %			Доля деревьев 2 и 3 категорий состояния, %	Класс биологической устойчивости насаждения
			валежник	сухостой	всего		
1	С. лш.	36	11,1	5,2	16,3	86,4	3
2	С. лш.	48	21,5	0,9	22,4	82,9	3
3	С. вер.	42	6,2	28,8	35,0	52,7	3
4	С. мш.	57	3,7	14,6	18,3	49,6	2
5	С. мш.	66	4,2	1,8	6,0	38,7	2
6	С. мш.	61	0,8	1,7	2,5	37,3	2
7	С. мш.	66	10,9	18,5	29,4	45,0	3
8	С. мш.	83	7,9	2,6	10,5	51,3	2
9	С. мш.	62	9,1	14,5	23,6	37,3	2
10	С. мш.	60	4,4	7,6	12,0	54,6	2
11	С. мш.	37	11,1	5,2	16,3	40,8	2
12	С. мш.	81	2,2	3,5	5,7	35,9	2
13	С. мш.	66	6,9	4,9	11,8	33,8	2
14	С. чер.	88	1,5	12,3	13,8	47,4	2

**Заключение.** Сосновые насаждения дочернобыльского происхождения в 30-км зоне ЧАЭС по своему санитарному состоянию являются поврежденными. Основная масса деревьев относится ко 2-й (ослабленные) – 57,1 % и 3-й категории состояния (сильно ослабленные) – 35,7 %.

По степени ухудшения санитарного состояния сосновые насаждения дочернобыльского происхождения составляет ряд: С. чер – С. мш – С. вер – С. лш. Наиболее устойчивыми были сосняки черничные, произрастающие в С<sub>3</sub>, наименее устойчивыми – сосняки лишайниковые – в А<sub>1</sub>.

По биологической устойчивости 71,4 % обследованных насаждений характеризуются как насаждения с нарушенной устойчивостью (2 класс). Максимальный отпад деревьев сосны (30–40 % от общего запаса насаждений) отмечается в насаждениях 3-го класса возраста. В сосняках 2-го класса – 16,3 %, 4-го класса – 29,4 %, 3-го класса – 13,8 %. Отпад в основном представлен сухостоем.

## Литература

1. Коротков, С. А. Изучение динамической стабильности лесных сообществ на основе динамической типологии леса / С. А. Коротков // Лесной вестник. – 2016. – № 5. – С. 21–25.
2. Ромашкин, Д. Ю. Использование индекса флуктуирующей асимметрии для биоиндикационной оценки биологической устойчивости лесов в зонах радиоактивного загрязнения / Д. Ю. Ромашкин [и др.] // Лесной вестник – 2016. – № 5. – С. 122–128.
3. Белов, А. А. Особенности лесопатологического состояния сосновых древостоев Брянской области, подвергшихся радиационному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС / А. А. Белов // Лесохозяйственная информация. – 2014. – № 1. – С. 11–17.
4. Коротков, С. А. Теоретические проблемы устойчивости леса / С. А. Коротков // Лесной вестник. – 2015. – № 4. – С. 26–32.
5. Николаевский, В. С. Биомониторинг, его значение и роль в системе экологического мониторинга и охране окружающей среды / В. С. Николаевский // Методологические и философские проблемы биологии. – Новосибирск : Наука. Сиб. отделен., 1981. – С. 341–354.
6. Иванов, В. П. Использование дендрохронологического метода для изучения закономерностей роста сосны обыкновенной в условиях техногенного воздействия / В. П. Иванов [и др.] // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2008. – Т. 1. – С. 1–4.
7. Мусаев, Е. К. Сезонный рост и строение годичных колец сосны обыкновенной в зоне чернобыльской катастрофы / Е. К. Мусаев // Лесоведение. – 1996. – № 1. – С. 16–29.
8. Белов, А. А. Особенности радиального прироста древесины в ослабленных сосняках-черничниках Брянской области, загрязненных радионуклидами [Электронный ресурс] / А. А. Белов // Лесохоз. информ. : электрон. сетевой журн. – 2017. – № 1. – С. 42–51.
9. Мусаев, Е. К. Сезонный рост и строение годичных колец сосны обыкновенной в зоне чернобыльской катастрофы / Е. К. Мусаев // Лесоведение. – 1996. – № 1. – С. 16–29.
10. Нормативные материалы для таксации леса Белорусской ССР / Под общ. рук. В. Ф. Багинского. – М., 1984. – 308 с.
11. Общесоюзные нормативы для таксации лесов : справочник / В. В. Загребов [и др.]. – М. : Колос, 1992. – 495 с.
12. Программа и методика биогеоценотических исследований / Под ред. Н. В. Дылиса. – М. : Наука, 1974. – 403 с.
13. Родин, Л. Е. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах / Л. Е. Родин, Н. П. Ремезов, Н. И. Базилевич. – Л. : Наука, 1968. – 143 с.
14. Санитарные правила в лесах Республики Беларусь : утв. постановлением Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь от 19 декабря 2016 г., № 79. – Минск : Минлесхоз, 2016. – 21 с.
15. Карпенко, А. Д. Оценка состояния древостоев, находящихся под воздействием промышленных эмиссий / А. Д. Карпенко // Экология и защита леса : Межв. сб. науч. тр. – Л. : ЛТА, 1981. – Вып. 6. – С. 39–43.
16. Степанчик, В. В. Анализ показателей устойчивости культур сосны воздействию техногенного загрязнения / В. В. Степанчик, А. И. Василенко // Проблемы лесоведения и лесоводства: науч. тр. ИЛ НАН Беларуси. – Гомель, 1996. – Вып. 44. – С. 96–103.
17. Исследование хода сукцессионных процессов в высокозагрязненных радионуклидами сосновых лесах в отдаленный послеварийный период и разработка комплекса мер по стабилизации в них экологической обстановки : отчет о НИР (промеж.) / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т леса ; рук. Н. И. Булко. – Гомель, 2016. – 105 с. – № ГР 20160837.

<sup>1</sup>Институт леса НАН Беларуси

<sup>2</sup>Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины