

## ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА ДЕРЕВЬЕВ В СОСНЯКАХ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ ВСЛЕДСТВИЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

**А.А. Белов**

Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, Россия, 141202, Московская обл., г. Пушкино, ул. Институтская, д. 15

belov@roslesrad.ru

Изложены результаты количественной оценки влияния выпадений радионуклидов на радиальный прирост ранней и поздней древесины деревьев сосны в год аварии на Чернобыльской АЭС. Алгоритм расчетов включает соотношение фактического прироста 1986 г. в опытном и контрольном насаждениях, а также соотношение теоретически ожидаемого прироста в этих же древостоях. Установлено, что в результате воздействия радионуклидов произошло уменьшение интенсивности роста ранней (весенней) древесины деревьев сосны. Достоверные потери прироста поздней (летней) древесины не выявлены. Воздействие радиационного фактора на рост деревьев адекватно уничтожению 10...12 % ассимиляционного аппарата насекомыми-фитофагами.

**Ключевые слова:** радиоэкология, радионуклиды, цезий-137, сосна обыкновенная, годичный прирост, ранняя древесина, поздняя древесина

**Ссылка для цитирования:** Белов А.А. Дендрохронологический анализ изменений радиального прироста деревьев в сосняках Брянской области вследствие аварии на Чернобыльской АЭС // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2017. Т. 21. № 6. С. 20–25 DOI: 10.18698/2542-1468-2017-6-20-25

Изучение действия антропогенных и природных факторов на лесную растительность и получение данных о тенденциях и масштабах этих воздействий на состояние лесов России является одной из стратегических целей в области лесных отношений.

Авария на Чернобыльской АЭС (ЧАЭС) в 1986 г., сопровождавшаяся выбросом в окружающую среду большого количества радиоактивных веществ, расценивается как крупнейшая за всю историю атомной энергетики. В европейской части России общая площадь загрязнения почв радиоцезием (цезий-137) с уровнем плотности свыше 1 Ки/км<sup>2</sup> составила 56,5...59,6 тыс. км<sup>2</sup> [1].

### Объект исследований

В год аварии, на ранней стадии ее развития (стадии острого облучения) отечественные и зарубежные исследователи в основном уделяли внимание изучению воздействия радиации на растительность в зоне, непосредственно прилегающей к ЧАЭС. Наибольшую устойчивость к острому гамма-облучению проявили деревья дуба, а также кустарники, травы, лишайники и мхи. Повреждения лиственных деревьев и кустарников выражались в усыхании вершин, для травяных ценозов и мохово-лишайникового покрова было характерно угнетение ростовых процессов и повреждение репродуктивных органов в течение первого сезона вегетации. Отмечено уменьшение флористического состава и обеднение структуры фитоценозов.

Хвойные породы, в том числе сосна, оказались заметно менее устойчивыми к радиоактивному

воздействию по сравнению с лиственными. Гибель деревьев сосны отмечена при поглощенной дозе облучения 50 Гр [2]. Наибольшую чувствительность к ионизирующему излучению проявили апикальные точки роста, более устойчивыми оказались камбиальные слои древесины, отмирание которых зафиксировано при дозе радиации в пределах 100...200 Гр [3].

Техногенная катастрофа стала причиной гибели около 800...1000 га лесов, что составило 0,8...1,0 % всей лесопокрытой площади 30-километровой зоны отчуждения [4]. Гибель древостоев не оказала существенного влияния на радиоэкологическую обстановку в целом, но заметно ухудшила ее в непосредственной близости от атомной станции.

В зоне с расчетной поглощенной дозой 10...20 Гр отмечена полная гибель молодых экземпляров сосны при частичном омертвлении молодых побегов взрослых деревьев.

Изучение лесных территорий, удаленных от ЧАЭС, как правило, проводили для определения степени радиационной опасности для населения; оценка состояния древесной растительности ограничивалась ее визуальным осмотром с целью фиксации аномалий ростовых процессов [5]. В ряде исследований воздействие радиации на ростовые процессы фиксировалось в качестве одного из дополнительных, сопутствующих параметров в ходе анализа изменчивости репродуктивных органов деревьев и кустарников. Так, в зоне слабого радиационного поражения растительности в радиационных пятнах за пределами 30-километровой зоны вокруг ЧАЭС в 1986 г. отмечено снижение

всхожести семян при отсутствии морфологических нарушений у хвойных деревьев [6].

Отсутствие материалов прямых наблюдений за динамикой роста деревьев в связи с загрязнением насаждений радионуклидами на ранней стадии развития радиационной аварии на ЧАЭС в определенной мере может быть восполнено с помощью ретроспективного дендрохронологического анализа. Годичные кольца стволов деревьев аккумулируют многообразную информацию о прошлых событиях и факторах, воздействовавших на интенсивность ростовых процессов, в том числе о радиационном факторе. Воздействие этого фактора на древесную растительность в зоне аварии на ЧАЭС, по мнению экологов, должно сказаться на размере и структуре годичных колец древесины [7].

### Цель работы

Работа выполнена в рамках исследований ВНИИ лесоводства и механизации лесного хозяйства по изучению воздействия радиоактивного загрязнения на состояние лесных экосистем Брянской области. На территории Красногорского участкового лесничества Клинецовского лесничества в 75-летнем сосняке-черничнике II класса бонитета в 2010 г. для наблюдений выделена постоянная пробная площадь со средней плотностью загрязнения цезием-137, равной 156,0 Ки/км<sup>2</sup> (удельная активность проб почвы 22,1 кБк/кг). С учетом скорости естественного распада радионуклида плотность загрязнения почвы в мае 1986 г. могла составить в среднем более 270 Ки/км<sup>2</sup>.

По данным радиологических обследований, вся территория лесничеств после аварии на ЧАЭС оказалась загрязненной радионуклидами. Ближайшие сосновые древостои, избежавшие загрязнения радионуклидами в 1986 г., расположены на большом расстоянии (до 200 километров), в местностях с несколько иными лесорастительными условиями. В связи с этим в качестве контрольной пробной площади выбран смежный с опытным древостоем с наименьшей выявленной плотностью загрязнения почвы радионуклидами – 2,6 Ки/км<sup>2</sup>.

При сборе, транспортировке, первичной обработке кернов и датировке годичных колец древесины руководствовались общепринятыми методами [8]. Отбор образцов древесины проводили приростным буравом Пресслера на высоте 1,3 м с двух сторон ствола отдельно для каждой из четырех категорий состояния растущих деревьев (без ослабления, ослабленные, сильно ослабленные и усыхающие), по 10–15 деревьев каждой категории. Измерения радиального прироста (отдельно раннего и позднего) вели с помощью бинокулярного микроскопа МБС-1 с точностью до 0,05 мм.

Известно, что на ранней стадии развития радиационной ситуации большая часть радионуклидов после выпадения из атмосферы сосредоточена в кронах деревьев. Продолжительность этой стадии зависит от породного состава древостоев, сомкнутости крон, вертикальной структуры полога, погодных условий и т. п. В средневозрастных и приспевающих сосновых древостоях района исследований она равна одному году.

Прямой контакт радионуклидов со структурными элементами деревьев обусловил поверхностный характер облучения растений потоками электронов при бета-излучении, испускаемом короткоживущими изотопами типа йода-131, теллура-132, рутения-103, и жестким электромагнитным гамма-излучением от долгоживущего нуклида цезия-137. Непосредственно после аварии в вегетационном периоде 1986 г. удельная активность растительного яруса определялась только поверхностным загрязнением, а состав радионуклидов полностью соответствовал содержанию выпавшей радиоактивной смеси; при этом доля короткоживущих изотопов на удалении от ЧАЭС была существенно меньше, чем вблизи станции [9].

В начальный период после аварии связь радиоактивных частиц с поверхностью растений была слаба; под воздействием атмосферных дождевых осадков, ветра и гравитационных сил они весьма быстро перемещались под полог леса. В результате к августу 1986 г. радиационная активность в кронах деревьев снизилась до 10...20 % от первоначального уровня [9].

Таким образом, наиболее интенсивное облучение ассимиляционного аппарата деревьев сосны в мае 1986 г. совпало со временем формирования раннего годичного прироста древесины. К началу формирования прироста поздней древесины радиационная активность в пологе леса значительно снизилась и последовательно уменьшалась до конца вегетационного периода.

### Результаты и обсуждение

Анализ результатов измерений прироста только за один вегетационный период (в нашем случае вегетационный период 1986 г.) представляет определенные трудности в методическом отношении. Достаточно надежный результат может быть получен только при использовании данных за 5–10 лет или за более короткий период в контролируемом эксперименте, т. е. в лабораторных или полуболевых условиях. В природных фитоценозах при наличии большого количества неконтролируемых факторов прямое сопоставление текущего прироста в опытном и контрольном древостоях может дать необходимый результат только в том случае, если исследуемый фактор внешней среды вызывает значительные — положительные

или отрицательные — изменения интенсивности ростовых процессов. Если такие изменения объективно существуют, но выражены умеренно или слабо, они могут оказаться замаскированными естественной вариабельностью выборочных данных даже при большом числе учетных деревьев. Кроме того, отрицательное влияние на точность анализа может оказать не в полной мере реализованный принцип «прочих равных условий».

По данным измерений приростных кернов, радиальный прирост в контрольном древостое в десятилетний период перед аварией на Чернобыльской АЭС (1976–1985 гг.) оказался в среднем на 10 % меньше, чем в опытном. Это означает, что прямое сопоставление размера годичных колец в опытном и контрольном древостоях в период после аварии является некорректным, так как полученные таким образом результаты будут содержать систематическую ошибку. Поэтому при обработке экспериментальных данных способ сравнения опыта с контролем модифицировали, совместив его со способом, который применялся в 60-х гг. XX в. на кафедре защиты леса Московского государственного лесотехнического института [10]. Этот метод заключается в сравнении прироста в одном и том же насаждении в период до и в период после появления изучаемого фактора.

Разработанный алгоритм расчетов основан на использовании соотношения фактического, измененного прироста 1986 г. в опытном и контрольном древостоях, с одной стороны, и соотношения

значений теоретически ожидаемого прироста этого года в этих же древостоях, с другой стороны.

Теоретически ожидаемые оценки прироста в опытном и контрольном насаждениях в 1986 г. рассчитаны с помощью уравнений регрессии фактического прироста в отдельные годы десятилетнего периода, предшествующего аварии, в зависимости от фактора времени. Следует отметить, что динамика радиального прироста деревьев сосны в период 1976–1985 гг. не имела однозначной направленности. У деревьев без признаков ослабления и ослабленных в целом проявлялась тенденция к некоторому увеличению размера и раннего и позднего слоев годичных колец от начала к концу периода. У сильно ослабленных и усыхающих деревьев более характерной была обратная тенденция. Кроме того, в отдельные годы наблюдались заметные отличия от указанных общих тенденций.

В связи со сложным характером колебаний текущего радиального прироста деревьев сосны в период с 1976 г. по 1985 г. применены два варианта расчетов. В первом из них для аппроксимации фактических значений радиального прироста использованы уравнения линейной регрессии (1), во втором — уравнения параболы 2-го порядка (2).

$$ZR_{dir} = a_0 + a_1F(t); \quad (1)$$

$$ZR_{par} = a_0 + a_1F(t) + a_2F(t)^2, \quad (2)$$

где  $ZR_{dir}$  — расчетные значения годичного раннего или позднего прироста по уравнению

Т а б л и ц а 1

**Фактические и рассчитанные по уравнению линейной регрессии и уравнению параболы 2-го порядка значения текущего радиального прироста 1986 г. деревьев разных категорий состояния в опытном и контрольном древостоях**

Actual and calculated from the equation of linear regression and the equation of the second-order parabolic value of the current radial growth in 1986 of trees of different categories of state in the experimental and control stands

Показатель, мм	Опытный древостой				Контрольный древостой			
	Категория состояния деревьев							
	1	2	3	4	1	2	3	4
Ранний прирост								
$Z_n$	0,900	0,913	0,540	0,500	0,910	0,800	0,450	0,450
$ZR_{dir}$	1,099	1,176	0,585	0,676	0,978	0,823	0,423	0,527
$ZR_{par}$	1,104	1,182	0,656	0,597	0,987	0,812	0,502	0,365
Поздний прирост								
$Z_n$	0,730	0,794	0,430	0,480	0,830	0,588	0,350	0,500
$ZR_{dir}$	0,840	0,894	0,504	0,385	0,992	0,649	0,427	0,412
$ZR_{par}$	0,711	0,805	0,559	0,437	0,781	0,610	0,434	0,462
Общий прирост								
$Z_n$	1,630	1,707	0,970	0,980	1,740	1,388	0,800	0,950
$ZR_{dir}$	1,939	2,070	1,089	1,061	1,970	1,472	0,850	0,939
$ZR_{par}$	1,815	1,987	1,215	1,034	1,768	1,422	0,936	0,827

Примечания: 1. Символами в таблице обозначены:  $Z_n$  — фактические значения текущего прироста 1986 г.,  $ZR_{dir}$  и  $ZR_{par}$  — регрессионные оценки прироста соответственно по уравнениям прямой линии и параболы 2-го порядка. 2. Категории состояния деревьев: 1 — без признаков ослабления; 2 — ослабленные; 3 — сильно ослабленные; 4 — усыхающие (по данным учета 2010 г.).

линейной регрессии (отдельно для опытного и контрольного насаждений), мм;  
 $a_0, a_1, a_2$  — эмпирические коэффициенты уравнений;  
 $F(t)$  — фактор времени (значения колеблются от 6 для 1976 г. до 16 для 1986 г.);  
 $ZR_{par}$  — расчетные значения годового раннего или позднего прироста по уравнению параболы второго порядка.

Посредством суммирования расчетных значений раннего и позднего приростов получены оценки ожидаемой общей ширины годовых колец древесины 1986 г. Результаты статистического анализа приведены в табл. 1.

Частное от деления фактического текущего прироста 1986 г. на его ожидаемое значение позволяет получить одну из разновидностей коэффициента прироста — параметра, используемого в дендрохронологии для характеристики относительной интенсивности роста годовых колец в разные годы или в разных древостоях.

Оценки коэффициента раннего прироста в опытном древостое заметно меньше, чем в контрольном, тогда как значения этого параметра для позднего прироста в том и другом насаждениях близки между собой (табл. 2). Разность между значениями коэффициента раннего прироста в опыте и контроле по всем восьми вариантам наблюдений колеблется от  $-7,2$  до  $-39,4$  %, тогда как для позднего прироста — от  $-3,7$  до  $3,3$  %, причем во втором случае варианты расчетов с использованием разных регрессионных моделей дают противоположные результаты.

Приведенные данные означают, что в год выпадения радионуклидов рост внутренней части годового кольца в опытном древостое был определенно менее интенсивным, чем в контрольном насаждении, тогда как интенсивность роста внешнего, более позднего, слоя древесины была практически одинаковой в обоих насаждениях. Такая картина характерна для всех категорий состояния деревьев.

Количественная оценка влияния радиационного фактора на скорость роста древесины проводится по формуле (3) (см. ниже) с учетом как фактических, так и теоретически ожидаемых значений прироста одновременно в опытном и контрольном древостоях:

$$\Delta Wz = 100 - 100ZR_{test}Z_{contr}Z_{test}^{-1}ZR_{contr}^{-1} \quad (3)$$

где  $\Delta Wz$  — показатель относительного эффекта воздействия радиационного фактора на текущий радиальный прирост, %;

$Z_{test}$  и  $ZR_{test}$  — соответственно фактический и ожидаемый текущий прирост 1986 г. в опытном древостое, мм;

$Z_{contr}$  и  $ZR_{contr}$  — соответственно фактический и ожидаемый текущий прирост 1986 г. в контрольном древостое.

Оценки параметра  $\Delta Wz_{rel}$ , близкие к нулю, указывают на отсутствие влияния радиационного фактора, положительные оценки параметра  $\Delta Wz_{rel}$  указывают на стимулирование интенсивности роста древесины, отрицательные оценки — на эффект супрессии, ведущий к потерям прироста.

Расчеты по уравнению (3) подтверждают предположение о том, что деревья сосны в насаждении, загрязненном радионуклидами в результате аварии на Чернобыльской АЭС, в начале вегетационного периода 1986 г. подверглись воздействию негативного фактора. Результатом этого воздействия стало уменьшение интенсивности роста ранней древесины живых деревьев всех категорий состояния. Оценки потерь прироста деревьев всех категорий состояния по обоим вариантам вычислений, приведенные в табл. 3, достоверны с вероятностью более 95 %.

Достоверные потери прироста поздней (летней) древесины не выявлены, что, по-видимому, обусловлено достаточно быстрым уменьшением плотности поверхностного загрязнения зеленой кроновой фитомассы во второй половине вегетационного

Т а б л и ц а 2

**Значения коэффициента прироста 1986 г. (%) для деревьев разных категорий состояния в опытном и контрольном древостоях**  
**The values of the growth rate in 1986 (%) for trees of different categories of the state in the experimental and control stands**

Прирост	Древостой	Коэффициент прироста в соответствии с регрессионной моделью по категориям состояния деревьев							
		Уравнение прямой линии				Парабола 2-го порядка			
		1	2	3	4	1	2	3	4
Ранний	Опытный	81,9	77,7	92,3	74,0	81,5	77,3	82,4	83,8
	Контрольный	93,0	97,3	106,3	85,4	92,2	98,5	89,6	123,2
Поздний	Опытный	86,9	88,8	85,3	124,7	102,7	98,6	76,9	109,8
	Контрольный	83,7	90,6	82,0	121,4	106,2	96,4	80,6	108,2
Общий	Опытный	84,1	82,5	89,1	92,4	89,8	85,9	79,8	94,8
	Контрольный	88,3	94,3	94,1	101,2	98,4	97,6	85,5	114,9

Примечание: Категории состояния деревьев: 1 — без признаков ослабления; 2 — ослабленные; 3 — сильно ослабленные; 4 — усыхающие.

Т а б л и ц а 3

Показатель  $\Delta Wz$  относительного эффекта воздействия радиации на прирост деревьев сосны в год аварии на Чернобыльской АЭСIndicators  $\Delta Wz$  of the effect of radiation on the growth of pine trees in the year of Chernobyl accident

Радиальный прирост	Значения показателя $\Delta Wz$ , %, по категориям состояния деревьев			
	Деревья без признаков ослабления	Ослабленные деревья	Сильно ослабленные деревья	Усыхающие деревья
Ранний	$-13,1 \pm 2,75$	$-25,2 \pm 5,2$	$-8,9 \pm 2,5$	$-15,4 \pm 3,8$
	$-13,6 \pm 2,9$	$-27,6 \pm 5,7$	$-15,2 \pm 4,2$	$-47,2 \pm 10,9$
Поздний	$-3,5 \pm 2,9$	$-2,0 \pm 2,4$	$-4,7 \pm 3,8$	$+1,5 \pm 2,8$
	$+3,6 \pm 3,2$	$+2,2 \pm 2,6$	$+3,9 \pm 4,4$	$+2,6 \pm 3,0$
Общий	$-5,1 \pm 4,0$	$-13,6 \pm 5,7$	$-5,7 \pm 4,5$	$-9,6 \pm 4,7$
	$-9,6 \pm 4,3$	$-14,3 \pm 6,3$	$-7,1 \pm 6,1$	$-21,2 \pm 11,3$

*Примечания:* 1. В числителе приведены значения показателей по варианту с аппроксимацией динамики прироста за 1976–1985 гг. по линейному уравнению, в знаменателе — по уравнению параболы 2-го порядка. 2. Для раннего прироста все оценки достоверны с вероятностью более 95 %, для позднего прироста — вероятность менее 80 %, для общего прироста деревьев без признаков ослабления, ослабленных и усыхающих вероятность колеблется от 80 до 95 %, для сильно ослабленных деревьев — вероятность менее 80 %.

периода в результате перемещения большей части выпавших радионуклидов под полог леса.

Уменьшение раннего прироста деревьев сосны в насаждении, загрязненном радионуклидами, при незначительном изменении размеров позднего слоя древесины определили в 1986 г. как меньший против ожидаемого размер общего годового прироста деревьев всех категорий состояния. Оценки потерь общего прироста по двум вариантам расчета составили соответственно  $5,1 \pm 4,0$  и  $9,6 \pm 4,3$  % при вероятности  $P > 80$  % у деревьев без признаков ослабления,  $13,6 \pm 5,7$  и  $14,3 \pm 6,3$  % при  $P > 95$  % у ослабленных деревьев,  $5,7 \pm 4,5$  и  $7,1 \pm 6,1$  % при  $P < 80$  % у сильно ослабленных деревьев и  $9,5 \pm 4,7$  и  $21,2 \pm 11,3$  % при  $P > 95$  % у усыхающих деревьев.

## Выводы

В результате проведенного дендрохронологического анализа выявлено статистически достоверное уменьшение ширины годовых колец деревьев сосны всех категорий состояния (за исключением сильно ослабленных) в год аварии на Чернобыльской АЭС в древостоях Клинцовского лесничества Брянской области с плотностью загрязнения насаждений радионуклидами, равной  $270 \text{ Ки/км}^2$  (по цезию-137). Рассчитанные оценки потерь прироста в результате воздействия радиационного фактора адекватны уничтожению 10...12 % ассимиляционного аппарата деревьев насекомыми-фитофагами, что позволяет квалифицировать воздействие радиационного фактора на интенсивность роста годовых колец в 1986 г. как слабое.

## Сведения об авторе

**Белов Артём Анатольевич** — научный сотрудник лаборатории радиационного контроля отдела радиационной экологии и пирологии леса Федерального бюджетного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» (ФБУ ВНИИЛМ), [belov@roslesrad.ru](mailto:belov@roslesrad.ru)

## Список литературы

- [1] Информация об аварии на Чернобыльской АЭС и ее последствиях, подготовленная для МАГАТЭ // сост. Л.А. Абагян, В.Г. Асмолов, А.К. Гуськов, В.Ф. Демин. М.: Атомная энергия, 1986. Т. 61. Вып. 5. 320 с.
- [2] Тихомиров Ф.А. Действие ионизирующих излучений на экологические системы. М.: Атомиздат, 1972. 176 с.
- [3] Радиационное воздействие на хвойные леса в районе аварии на Чернобыльской АЭС // отв. ред. Г.М. Козубов, А.И. Таскаев. Сыктывкар: Коми НЦ РАН, 1990. 136 с.
- [4] Груммо Д.Г., Сак М.М. Динамика растительности в районе аварии на Чернобыльской АЭС // Проблемы лесоведения и лесоводства. Труды ИЛ НАН Беларуси. Вып. 73. Гомель: Институт леса НАН Беларуси, 2013. С. 416–432.
- [5] Скок А.В. Изменчивость репродуктивных и ростовых процессов сосны обыкновенной в различных зонах хронического радиоактивного загрязнения ЧАЭС Южного Нечерноземья РФ: Автореф. дис. ... канд. биол. наук (03.00.16). Брянск, 2005. 24 с.
- [6] Чернобыльская катастрофа. Историография событий, социально-экономические, геохимические и медико-биологические последствия // гл. ред. В.Г. Барьяхтар. Киев: Наукова думка, 1995. 558 с.
- [7] Мусаев Е.К. Дендрохронологический анализ годового прироста сосны *Pinus sylvestris* L. в районе Чернобыльской АЭС // II радиобиологический съезд, Киев, 20–25 октября 1993 г. Тез. докл. Киев: Ротапринт, 1993. С. 699–700.
- [8] Битвинскас Т.Т. Дендроклиматические исследования. Л.: Гидрометеониздат, 1974. 172 с.
- [9] Щеглов А.И., Цветнова О.Б. Роль лесных экосистем при радиоактивном загрязнении // Природа, 2001. № 4. С. 22–32.
- [10] Голосова М.А. Влияние объедания пяденицами листвы деревьев на их прирост и состояние // Вопросы лесозащиты. Матер. II межвузовской конф. по защите леса. Т. 1. М.: МЛТИ, 1963. С. 39–43.

Статья поступила в редакцию 16.10.2017 г.

# DENDROCHRONOLOGICAL ANALYSIS OF THE CHANGES IN ANNUAL RADIAL INCREMENT OF THE SCOTCH PINE IN BRIANSK REGION FORESTS AFTER CHERNOBYL ACCIDENT

A.A. Belov

ALL-Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry (VNIILM)

belov@roslesrad.ru

The results of the numerical estimating influence of the fallout radionuclide upon the radial increment of pine springwood and summerwood in the year of Chernobyl radiation accident are given. The calculation algorithm includes the ratio of real annual radial increment in 1986 in test and control stands as well as the ratio of expected annual radial increment in these stands. It was found that in result of radionuclide impact there had been a reduction of the growth rate of springwood of pine trees. Reliable losses of growth of summerwood are not identified. The effect of radioactive factor on tree growth was as strong as destructing 10...12 % assimilation apparatus by leaf-eating insects.

**Keywords:** radioecology, radionuclide, caesium-137, Scotch pine, annual increment, springwood, summerwood

**Suggested citation:** Belov A.A. *Dendrokronologicheskiy analiz izmeneniy radial'nogo prirosta derev'ev v sosnyakh Bryanskoy oblasti vsledstvie avarii na Chernobyl'skoy AES* [Dendrochronological analysis of the changes in annual radial increment of the Scotch pine in Briansk region forests after Chernobyl accident]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2017, vol. 21, no. 6, pp. 20–25. DOI: 10.18698/2542-1468-2017-6-20-25

## References

- [1] *Informatsiya ob avarii na Chernobyl'skoy AES i ee posledstviyakh, podgotovlennaya dlya MAGATE* [Information on the Chernobyl accident and its consequences, prepared for the IAEA: compiled by: L.A. Abagyan, V.G. Asmolov, A.K. Guskov, V.F. Demin] Moscow: Atomic Energy Publ., 1986, t. 61, v. 5, 320 p.
- [2] Tikhomirov F.A. *Deystvie ioniziruyushchikh izlucheniye na ekologicheskie sistemy* [The effect of ionizing radiation on ecological systems]. Moscow: Atomizdat Publ., 1972, 176 p.
- [3] *Radiatsionnoe vozdeystvie na khvoynye lesa v rayone avarii na Chernobyl'skoy AES* [Radiation impact on coniferous forests in the area of the Chernobyl disaster: responsible. Ed. G.M. Kozubov, A.I. Taskaev]. Syktyvkar: Komi Science Center RAS Publ., 1990, 136 p.
- [4] Grummo D.G., Sak M.M. *Dinamika rastitel'nosti v rayone avarii na Chernobyl'skoy AES* [Dynamics of Vegetation in the Area of the Chernobyl Accident] *Problemy lesovedeniya i lesovodstva. Trudy IL NAN Belarusi* [Problems of Forest Science and Forestry. Proceedings of the IL of the National Academy of Sciences of Belarus, iss. 73]. Gomel: Forest Institute of the National Academy of Sciences of Belarus Publ., 2013, pp. 416–432.
- [5] Skok A.V. *Izmenchivost' reproduktivnykh i rostovykh protsessov sosny obyknovennoy v razlichnykh zonakh khronicheskogo radioaktivnogo zagryazneniya ChAES Yuzhnogo Nechernozem'ya RF: Avtoref. diss. ... kand. biol. nauk. (03.00.16)* [Variability of reproductive and growth processes of Scots pine in various zones of chronic radioactive contamination of the ChNPP of the Southern Non-Black Earth Region of the Russian Federation: diss. ... Cand. Sci. (Biol.). (03.00.16)]. Bryansk, 2005, 24 p.
- [6] *Chernobyl'skaya katastrofa. Istoriografiya sobytiy, sotsial'no-ekonomicheskie, geokhimicheskie i mediko-biologicheskie posledstviya* [Chernobyl catastrophe. Historiography of events, socio-economic, geochemical and biomedical consequences: Ch. rep. V.G. Baryakhtar]. Kiev: Naukova dumka Publ. 1995, 558 p.
- [7] Musaev E.K. *Dendrokronologicheskiy analiz godichnogo prirosta sosny Pinus sylvestris L. v rayone Chernobyl'skoy AES* [Dendrochronological analysis of the annual growth of pine *Pinus sylvestris* L. in the area of the Chernobyl NPP]. II radiobiological congress (20–25 Oct. 1993). Tez. doc. Kiev: Rotaprint Publ., 1993, pp. 699–700.
- [8] Bitvinskas T.T. *Dendroklimaticheskie issledovaniya* [Dendroclimatic research]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1974, 172 p.
- [9] Shcheglov A.I., Tsvetnova O.B. *Rol' lesnykh ekosistem pri radioaktivnom zagryaznenii* [The role of forest ecosystems in radioactive contamination] *Priroda* [Nature] Publ., 2001, no. 4, pp. 22–32.
- [10] Golosova M.A. *Vliyaniye ob'edaniya pyadenitsami listvy derev'ev na ikh prirost i sostoyaniye* [Influence of fungus moth eating on their growth and state] *Voprosy lesozashchity. Materialy k II mezhvuzovskoy konferentsii po zashchite lesa. T.1* [Forest protection questions. Materials for the II Interuniversity Conference on Forest Protection. T.1]. Moscow: MLTI Publ., 1963, pp. 39–43.

## Author's information

**Belov Artem Anatolyevich** — scientist of the Laboratory of Radiation Control Department of Radiation Ecology and Forestry Pyrology of All-Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry (VNIILM), belov@roslesrad.ru

Received 16.10.2017