

Особенности лесопатологического состояния сосновых древостоев Брянской области, подвергшихся радиационному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС

А. А. Белов – Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, Пушкино, Московская обл., Россия

Проведена оценка долговременных изменений состояния сосновых насаждений Брянской обл. в зоне аварии на Чернобыльской АЭС. Проанализировано соотношение доли деревьев разных категорий состояния в контрольных насаждениях и насаждениях, подвергшихся загрязнению радионуклидами. Рассмотрена динамика годичного прироста сосновых древостоев.

Ключевые слова: Чернобыльская АЭС, сосновые насаждения, загрязнение радионуклидами, категория состояния дерева, годичный прирост древесины.

PECULIARITIES OF THE STATE OF THE PINE FOREST STANDS OF BRYANSK REGION EXPOSED TO RADIONUCLIDE CONTAMINATION IN CONSEQUENCE OF CHERNOBYL ACCIDENT

A. A. Belov – All-Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, Pushkino, Moscow region, Russia

Long-term changes in the state of the Bryansk region pine stands in the Chernobyl accident zone are estimated. Relation of shares of pine trees of different state categories in the control stands and stands contaminated by the radionuclide is analyzed. Dynamics of annual radial growth of pine stands is considered.

Keywords: Chernobyl atomic power-plant, pine stands, radionuclide contamination, category of tree state, annual radial growth.

Авария на Чернобыльской АЭС, сопровождавшаяся выбросом в окружающую среду большого количества радиоактивных веществ, расценивается как крупнейшая за всю историю атомной энергетики по непосредственно нанесенному ущербу и отдаленным эколого-экономическим и социальным последствиям.

Загрязнение природной среды радионуклидами обуславливает изменение естественных свойств лесных экосистем, ведет к формированию фитоценозов с особыми условиями роста и развития растительности. Согласно приказу Рослесхоза от 05.02.1998 г. № 21 «Об утверждении критериев и индикаторов устойчивого управления лесами Российской Федерации» исследование воздействия антропогенных факторов, в том числе радиационного, на леса и получение данных о тенденциях и масштабах этих воздействий на состояние лесов России стало одной из стратегических целей государственной политики в области лесных отношений.

Сведения о лесопатологическом состоянии древесной растительности в местах радиоактивных выпадений в год аварии на Чернобыльской АЭС (1986 г.), имеющиеся в научно-технической литературе, как правило, относятся к насаждениям, находящимся в непосредственной близости от атомной станции. Основное внимание исследователи обращали на последствия острого гамма-облучения, результатом которого в год аварии в зоне, прилегающей к АЭС, стала гибель сосны при поглощенной дозе облучения 50 Гр [1–3]. При этом наиболее восприимчивыми к ионизирующему излучению были апикальные точки роста, в то время как камбиальные слои древесины оказались устойчивее: их отмирание зафиксировано при значительно более высокой дозе радиации – 100–200 Гр [1]. В целом гибель древесной растительности в результате острого радиационного облучения не приобрела массового характера. Площадь полностью пораженных сосновых лесов составила 500–600 га, сосновых насаждений с сильной и средней степенью повреждения – соответственно 3 тыс. и 12 тыс. га [4]. Усохшие сосновые древостои составили не более 0,5% лесов в зоне, примыкающей в Чернобыльской АЭС [5, 6].

Интенсивность радиационного облучения древесной растительности в 1986 г. на территории Брянской обл., в связи с удаленностью от Чернобыльской АЭС, оказалась ниже летального уровня, и радиоактивные выпадения не вызвали усыхания лесных насаждений. Тем не менее, на 2,2 тыс. га земель лесного фонда Брянской обл. (единственной в России) зафиксирована высокая плотность загрязнения – более 40 Ки/км² [7]. На значительной части лесных территорий из-за загрязнения радионуклидами были введены и до сих пор сохраняются определенные ограничения при проведении лесохозяйственных мероприятий.

Долговременные последствия хронического ионизирующего облучения на состояние и рост деревьев в местностях, загрязненных радионуклидами, являются предметом дискуссий. По мнению одних исследователей, хроническое ионизирующее облучение должно вызывать ингибирование роста деревьев, другие отвергают какие-либо особенности в их действии, а третьи указывают на возможность гормезиса, т.е. позитивного действия относительно невысоких доз радиации. Для ответа на этот вопрос необходимы систематические исследования состояния древостоев с разной плотностью загрязнения радионуклидами с учетом конкретных лесорастительных условий.

Данная работа основана на материалах исследований ФБУ ВНИИЛМ в рамках Федеральной целевой программы по преодолению последствий радиационных аварий с целью изучения воздействия ионизирующих излучений на состояние лесных экосистем в зонах радиоактивного загрязнения и совершенствования методологии радиационного мониторинга лесов. Обследованные сосновые насаждения входят в состав Красногорского участкового лесничества Клинцовского лесничества Брянской обл. Объекты и методика исследований описаны ранее [8, 9].

Основываясь на данных измерений плотности загрязнения почвы радионуклидами в 2010–2012 гг., проведены расчеты исходной плотности загрязнения почвы цезием-137 в момент аварии на Чернобыльской АЭС. Учитывая, что период полураспада цезия-137 составляет

30,17 лет, нетрудно подсчитать, что за 25 лет (с 1986 по 2010 г.) количество радионуклида за счет естественного распада уменьшилось в 1,74 раза. Это означает, что средняя плотность загрязнения почвы радионуклидом в обследованных насаждениях в мае 1986 г. могла составить в среднем более 270 Ки/км², а на отдельных локальных участках древостоев с учетом неравномерности его распределения по территории – от 136 до 455 Ки/км².

Кроме того, помимо цезия-137, при аварии на Чернобыльской АЭС зафиксирован выброс целого спектра радионуклидов, существенно увеличивших дозовую радиационную нагрузку на растительность. Изотопный состав загрязнения атмосферы в результате Чернобыльской аварии включал такие экологически опасные радионуклиды, как йод-131, теллур-132, стронций-89, стронций-90, нептуний-239, рутений-103, а также высокоактивные «горячие» частицы плутония-239 [10]. Для этих радионуклидов, которые до 6 мая 1986 г. определяли более 80% радиоактивности в воздухе и на поверхности Земли [6], типичен короткий период полураспада (йод-131 – около 8 сут., теллур-132 – 3,2 сут., нептуний-239 – 2,4 сут., рутений-103 – 39,8 сут., стронций-89 – 2 мес.) и, в основном, так называемый бета-минус-распад, при котором распадающееся атомное ядро испускает электрон и электронное антинейтрино (при бета-плюс-распаде соответственно позитрон и электронное нейтрино). Проникающая способность бета-частиц не превышает несколько миллиметров, в связи с чем внешнее облучение организмов элементарными частицами при бета-распаде ведет к поражению поверхностных тканей. Следствием облучения могут быть мутации и гибель растительных клеток.

Поскольку перечисленные изотопы имеют короткий период полураспада, можно предположить, что их возможное патологическое влияние на древесную растительность могло иметь место только в год выпадения, а именно в 1986 г. Можно подсчитать, что уже спустя год после выпадения масса йода-131 уменьшилась в $1,76 \times 10^{13}$ раз, через 2 года – в $1,24 \times 10^{27}$ раз и т. д. Масса наиболее долгоживущего радионуклида из расма-

триваемой группы изотопов, а именно – стронция-89, через год должна была уменьшиться в 32 раза, через 2 года – более чем в 2000 раз, а к моменту проведения полевых исследований – более чем в $1,78 \times 10^{44}$ раз по сравнению с его исходным количеством. Таким образом, уже через несколько лет после аварии выпавшие на насаждения района исследований короткоживущие радионуклиды, по-видимому, практически полностью распались.

По данным проведенного нами опроса местных жителей и сотрудников лесничества, сколько-нибудь заметных патологических изменений в состоянии сосновых насаждений весной 1986 г. не наблюдалось. Отсутствуют также сведения о значительном усыхании деревьев, размножении хвоегрызущих и стволовых насекомых, распространении болезней деревьев или иных патологических явлениях, приуроченных к насаждениям с высокой плотностью загрязнения радионуклидами в период после Чернобыльской аварии. Эти данные согласуются с результатами оценки лесопатологического состояния сосновых древостоев в целом по насаждениям в зоне аварии [11].

Указанные сведения свидетельствуют о меньшей интенсивности радиоактивного облучения древостоев Красногорского лесничества в апреле–мае 1986 г. в сравнении с насаждениями на территории, непосредственно прилегающей к Чернобыльской АЭС.

В связи с большим сроком, прошедшим с момента выпадения радионуклидов, следы усыхания и тератогенеза побегов и хвои (если таковые имели место в 1986 г.) в настоящее время обнаружить практически невозможно: за 25 лет сменилось не менее 4–5 поколений хвои, а отмершие части растений должны были давно опасть на землю. И действительно, в ходе обследований насаждений какие-либо морфологические изменения структурных элементов деревьев сосны не были выявлены.

Однако, учитывая длительное – в течение двух с половиной десятилетий – развитие древесных растений в условиях достаточно интенсивного ионизирующего излучения из-за высокой плотности загрязнения почвы и структурных эле-

ментов деревьев долгоживущими радионуклидами (цезий-137 и, отчасти, стронций-90), было высказано предположение о возможном влиянии (отрицательном или положительном) хронического облучения на ход роста древостоев.

В результате обследований установлено, что в настоящее время сосновые древостои, загрязненные радионуклидами, отличаются большей долей сухостоя (20,81 против 13,30% в контроле), в том числе свежего сухостоя (5,18 против 3,81% в контроле). Доля деревьев лучших категорий состояния (без признаков ослабления и ослабленных) в составе живого древостоя в опытном насаждении оказалась на 4,90% выше, чем в контрольном (48,46 против 43,56%), а доля сильно ослабленных и усыхающих деревьев ниже. Выявленные различия в соотношении деревьев разных категорий состояния в сосновых насаждениях, в связи с их загрязнением радионуклидами, не достигают уровней вероятности 90–95%, принятых в биологии в качестве стандартных для определения статистической достоверности различий. Результаты статистического анализа позволяют охарактеризовать отмеченные различия в доле деревьев лишь в качестве слабовыраженных тенденций [9].

Более высокая доля деревьев лучших категорий состояния в древостое, загрязненном радионуклидами, по сравнению с контролем может означать, что в условиях хронического ионизирующего облучения процесс ослабления деревьев этих категорий, обусловленный возрастными изменениями, происходит медленнее, чем в обычных условиях. Иными словами: радиационный фактор, возможно, оказывает определенное стимулирующее воздействие на деревья изначально лучшего физиологического состояния.

Для проверки данного предположения проведен сравнительный анализ хода роста деревьев сосны при разной плотности загрязнения почвы радионуклидами в периоды до и после аварии на Чернобыльской АЭС. В качестве анализируемого показателя использован текущий годичный радиальный прирост древесины, который в значительной степени определяется физиологическим состоянием растений.

При обработке экспериментальных данных проведен расчет индексов прироста (отдельно раннего, позднего и общего) по формуле:

$$Iz_t = 100 Z_t Z_{bas}^{-1}, \quad (1)$$

где:

Iz_t – приростной индекс, %;

Z_{bas} – среднегодовой прирост древесины в течение 10 лет до аварии на Чернобыльской АЭС, мм;

Z_t – среднегодовые значения прироста по 5-летним периодам после аварии – с 1986 по 2010 г., мм.

Результаты корреляционного анализа (таблица) показывают, что для деревьев лучшей категории состояния (без признаков ослабления) в течение всего рассматриваемого периода после Чернобыльской аварии была характерна положительная связь текущего годичного прироста с плотностью загрязнения насаждения радионуклидами. Положительные значения коэффициента корреляции указывают на более интенсивный рост годичных колец деревьев сосны в местах с большей степенью загрязнения почвы радиоцезием. Причем это соотношение характерно как для общего прироста, так и для обеих составных частей годичного кольца.

Статистическая достоверность указанной зависимости различается в разные периоды. В первый 5-летний период после аварии (1986–1990 гг.) связь текущего радиального прироста деревьев без признаков ослабления со степенью загрязнения почвы радионуклидами проявилась менее заметно. Достоверным (с вероятностью $P > 80\%$) влияние радиации может быть признано только в отношении общего прироста древесины. Наиболее заметно ($P > 95\%$) связь удельной активности радиоцезия в почве с интенсивностью роста древесины проявилась в другие 5-летние периоды: с 1991 по 1995 г. – для всех видов прироста и с 2001 по 2005 г. – для позднего и общего прироста (положительная связь раннего прироста с плотностью загрязнения почвы в этот период достоверна с вероятностью $95 > P > 90\%$). С 2006 по 2010 г. статистическая значимость радиации как внешнего фактора, воздействующего на радиальный

Корреляционная связь индекса радиального прироста деревьев сосны с удельной активностью радиоцезия в почве

Годы	Ранний прирост			Поздний прирост			Общий прирост		
	r	±m _r	t _r	r	±m _r	t _r	r	±m _r	t _r
<i>Деревья без признаков ослабления</i>									
1986-1990	0,475	0,359	1,32	0,446	0,366	1,22	0,520 ^{b)}	0,349	1,49
1991-1995	0,768*	0,261	2,94	0,859**	0,210	4,09	0,872**	0,200	4,36
1996-2000	0,342	0,383	0,89	0,327	0,386	0,85	0,343	0,383	0,90
2001-2005	0,625 ^{a)}	0,319	1,96	0,788*	0,251	3,14	0,872**	0,200	4,36
2006-2010	0,443	0,370	1,20	0,592 ^{b)}	0,329	1,80	0,621 ^{a)}	0,319	1,95
<i>Ослабленные деревья</i>									
1986-1990	-0,324	0,386	0,84	-0,499	0,354	1,41	-0,462	0,362	-1,28
1991-1995	-0,254	0,395	0,64	-0,370	0,379	0,98	-0,376	0,378	-0,99
1996-2000	-0,118	0,405	0,29	-0,005	0,409	0,01	-0,043	0,407	-0,11
2001-2005	0,090	0,406	0,22	-0,097	0,406	0,24	0,003	0,409	0,01
2006-2010	0,271	0,392	0,69	-0,079	0,407	0,19	0,100	0,406	0,25
<i>Сильно ослабленные и усыхающие деревья</i>									
1986-1990	-0,129	0,405	0,32	0,180	0,401	0,45	-0,003	0,409	0,01
1991-1995	-0,106	0,406	0,26	0,183	0,401	0,46	0,030	0,409	0,07
1996-2000	-0,036	0,407	0,09	0,086	0,406	0,21	0,036	0,407	0,09
2001-2005	-0,114	0,406	0,28	-0,058	0,407	0,14	-0,073	0,407	0,18
2006-2010	0,106	0,406	0,26	0,048	0,407	0,12	0,088	0,406	0,22

Примечания: 1. Статистические показатели: r – коэффициент корреляции, ±m_r – ошибка коэффициента корреляции, t_r – вычисленный критерий Стьюдента; 2. Уровни вероятности (P): ^{b)} – P > 80 %, ^{a)} – P > 90 %, * – P > 95 %, ** – P > 99 %.

прирост, проявилась на вероятностном уровне 80% для позднего прироста и на уровне 90% для общего прироста. Таким образом, радиационный фактор имел заметно большее значение при формировании внешней части годичного кольца по сравнению с ее внутренней частью.

Статистически достоверных зависимостей текущего прироста ослабленных деревьев от радиационного фактора не выявлено. Судя по результатам корреляционного анализа, в начальный период после аварии проявлялась незначительная тенденция к негативному влиянию радиационного фактора на текущий прирост как ранней, так и поздней древесины этой группы деревьев. Однако во всех случаях вероятность выявленных статистических связей составляла менее 80%. Результаты анализа для периода после 2000 г. свидетельствуют о положительном влиянии радиационного фактора на интенсивность роста ранней древесины.

Результаты анализа экспериментальных данных для сильно ослабленных и усыхающих деревь-

ев не позволяют говорить о сколько-нибудь заметных особенностях ростовой реакции деревьев этих категорий на разницу в плотности загрязнения почвы радиоцезием в исследуемом насаждении.

Количественные изменения темпов роста древесины деревьев сосны в категории «без признаков ослабления» под влиянием радиационного фактора в отдельные периоды времени можно проиллюстрировать результатами регрессионного анализа. Так, для периода с 1991 по 1995 г. уравнения регрессии имеют вид:

$$IzP_t = 14,1 + 2,739 Cs_{ku}, \quad (2)$$

$$IzS_t = -6,7 + 3,788 Cs_{ku}, \quad (3)$$

$$IzT_t = 4,9 + 3,175 Cs_{ku}, \quad (4)$$

где:

IzP_t, IzS_t и IzT_t – индексы раннего, позднего и общего прироста соответственно, %;

Cs_{ku} – удельная активность радионуклидов в почве, кБк/кг.

Положительные значения коэффициента регрессии в уравнениях (2–4) свидетельствуют о стимулирующем действии радиационного фактора на скорость роста древесины. Из приведенных уравнений следует, что в 1991–1995 гг. разнице в удельной активности радиоцезия в почве опытного и контрольного насаждений, равной 1 кБк/кг, соответствовала разница в интенсивности роста древесины, равная 2,739% для раннего, 3,788% для позднего и 3,175% для общего текущего прироста деревьев сосны без признаков ослабления.

После 1991 г. стимулирующее действие радиационного фактора наиболее заметно сказывалось на темпах роста поздней древесины. Максимальное влияние этого фактора отмечалось в 2006–2010 гг., когда коэффициент регрессии достиг значения 9,575%. Для 1986–1990 гг. значение этого показателя составило 0,459%, для 1996–2000 – 1,313 и для 2001–2005 гг. – 3,993%.

Причины различий в эффективности воздействия радиационного фактора на текущий прирост деревьев в разные периоды, на наш взгляд, достаточно сложны и требуют специального изучения. Особое внимание при этом должно быть обращено на динамику содержания радионуклидов в структурных элементах деревьев (особенно в хвое) в периоды наиболее интенсивного роста древесины, а также на погодные условия в ключевые моменты вегетационного периода. Отмечено, что в 2006–2010 гг., когда зафиксированы наибольшие положительные изменения в размере позднего прироста под влиянием радиации, температурные и гидрологические условия вегетационного периода были заметно более благоприятными для роста сосны, чем в предыдущие годы [2]. Это наглядно показывает динамика прироста деревьев на контрольном участке с интенсивностью ионизирующего излучения, несущественно превышающей естественный радиационный фон. Среднегодовой поздний радиаль-

ный прирост в 2006–2010 гг. в контрольном насаждении составил 0,755 мм, что на 0,243 мм (47,5 %) больше, чем в предыдущий учетный период (2001–2005 гг.). При примерно равной интенсивности ростовых процессов в контрольном насаждении в 1996–2000 и 2001–2005 гг. показатели воздействия радиации на текущий прирост деревьев в опытном насаждении заметно различаются. Это может указывать на наличие иных (помимо погоды) неучтенных факторов.

Таким образом, проведенные исследования показали, что радиоактивные выпадения комплекса долго- и короткоживущих изотопов на средневозрастные сосняки-зеленомошники Красногогорского участкового лесничества Брянской обл. в мае 1986 г. (при расчетной плотности радиоактивного загрязнения по цезию-137, превысившей в отдельных древостоях 450 Ки/км²) не вызвали выраженных долговременных патологических изменений роста и развития деревьев и не оказали отрицательного воздействия на биологическую устойчивость насаждения. Выявленные различия в санитарном состоянии загрязненных радионуклидами и контрольных древостоев не выходят за пределы естественной вариативности показателей состояния приспевающих сосновых насаждений. Анализ динамики радиального прироста древесины свидетельствует об отсутствии достоверного влияния радиационного фактора на большую часть древостоя (ослабленные, сильно ослабленные и усыхающие деревья) и стимулировании прироста ранней и поздней древесины деревьев лучшей категории состояния (без признаков ослабления).

Выявленные качественные и количественные особенности реакции средневозрастных и приспевающих древостоев сосны в зеленомошных типах леса могут быть использованы при организации радиационного мониторинга и планировании мероприятий по использованию, охране, защите и воспроизводству лесов.

Список литературы

1. 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.

2. Тихомиров, Ф. А. Действие ионизирующих излучений на экологические системы / Ф. А. Тихомиров. – М. : Атомиздат, 1972. – 176 с.
3. Хромова, Л. В. Частичная стерильность сосны в 1986 и 1987 гг. в зоне Чернобыльской АЭС / Л. В. Хромова, М. Г. Романовский, В. А. Духарев // Радиобиология. – Т. 30. – Вып. 4. – С. 450–457.
4. Козубов, Г. М. Радиобиологические и радиоэкологические исследования древесных растений / Г. М. Козубов, А. И. Таскаев. – СПб. : Наука. СПб отд., 1994. – 255 с.
5. Чернобыль: радиоактивное загрязнение природных сред / Ред. Ю. А. Израэль, С. М. Вакуловский, В. А. Ветров, В. Н. Петров, Ф. Я. Ровинский, Е. Д. Стукин. – Л. : Гидрометеоздат, 1990. – 296 с.
6. Чернобыльская катастрофа. Историография событий, социально-экономические, геохимические и медико-биологические последствия / Гл. ред. В. Г. Барьяхтар. – Киев : Наук. думка, 1995. – 558 с.
7. Руководство по ведению лесного хозяйства в зонах радиоактивного загрязнения от аварии на Чернобыльской АЭС (на период 1997–2000 гг.) / Сост.: И. И. Марадудин, А. В. Панфилов, Т. В. Русина, В. А. Шубин [и др.]. Утверждено приказом Федеральной службы лесного хозяйства России от 31.03.97 № 40. – М., 1997. – 61 с.
8. Белов, А. А. Динамика радиального прироста в сосняках Брянской области в связи с загрязнением почвы цезием-137 / А. А. Белов // Лесн. хоз-во. – 2013. – № 2. – С. 18–21.
9. Раздайводин, А. Н. Сравнительный анализ состояния древостоев сосны Брянской обл. при разной плотности загрязнения почвы цезием-137 / А. Н. Раздайводин, А. А. Белов // Лесохоз. информ. – 2012. – № 1. – С. 16–20.
10. Израэль, Ю. А. Радиоактивное загрязнение природных сред в результате аварии на Чернобыльской атомной станции (к 20-летию аварии) / Ю. А. Израэль. – М. : Комтехпринт, 2006. – 28 с.
11. Панфилов, А. В. Радиочувствительность и санитарное состояние сосновых насаждений в зоне аварии на ЧАЭС / А. В. Панфилов, Е. Н. Панфилова, В. П. Сидоров // Биол. и радиоэкол. аспекты последствий аварии на Чернобыльской атомной станции: 1-я Междунар. конф. ; тез. докл. [Ротапринт]. – 1990. – С. 19.
12. Белов, А. А. Особенности текущего прироста древесины в сосняках-зеленомошниках Брянской области, загрязненных радионуклидами / А. А. Белов, А. Н. Белов // Лесн. хоз-во. – 2013. – № 4. – С. 27–29.

Peculiarities of the state of the pine forest stands of Bryansk region exposed to radionuclide contamination in consequence of Chernobyl accident

A. A. Belov – All-Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry

Long-term changes in the state of the Bryansk region pine stands in the Chernobyl accident zone are estimated. Relation of shares of pine trees of different state categories in the control stands and stands contaminated by the radionuclide is analyzed. It is established that contaminated pine stands currently are characterized by more percentage of the dead trees than the control stands: 20,81% versus 13.30 % in control plots. Percentage of two categories trees qualified as the best condition trees (trees without symptoms of debilitation and weakened trees) in composition of alive forest stand at the testable plots was 4.90% more than in control plots (48.46% versus 43.56%), and percentage of heavily weakened and shrivel trees was fewer at the same value. Detected differences in proportion of trees of different condition categories in the contaminated pine stands have no 90–95% probabilistic level that used in biology as standard for determining statistical validity of differences. The results of the made statistical test allow us to characterize marked differences in percentages of trees as slightly expressed trends [1]. The detected differences in physiological

condition of trees on contaminated and control plots lie in the ranges of the natural variability of condition indexes of ripening pine stands.

Also dynamics of annual radial growth of pine stands is considered. The results of correlation analysis show that current annual growth of the best trees characterized by the positive relationship with level of radionuclide contamination of the soil in the tested forests in all period after Chernobyl accident. Positive estimations of correlation index attest the more intensive grow of pine annual rings for the plots with more contaminated soils. The stimulated effect of the radiation factor was more appreciable for growth rate of the summer wood increment. The most considerable effect was noted in 2006–2010 when regression coefficient had achieved 9,575%. In other periods the estimations of this parameter were: 0.459% for 1986–1990, 1.313% for 1996–2000 and 3.993% for 2001–2005.

There was no reliable effect of the radiation factor to radial wood increment of weakened, heavily weakened and shrivel pine trees in all observation period.

References

1. Guidelines for forest management in the areas of radioactive contamination from the Chernobyl accident (for the period 1997–2000 rr.) / Compl.: I. I. Maradudin, A. V. Panfilov, T. V. Rusin, V. Shubin [etc.] // Approved by the Decree of the Russian Federal service of forest management from the 31.03.97 № 40. – М., 1997. – 61 с.