

ОТЗЫВ  
официального оппонента на диссертацию **Белова Артёма Анатольевича**  
**«ДИНАМИКА РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В**  
**НАСАЖДЕНИЯХ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ**  
**РАДИОНУКЛИДАМИ»,**

представленную в диссертационный совет Д 002.054.01 при Институте лесоведения  
РАН на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности  
06.03.02 - Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация

Диссертационная работа А.А. Белова направлена на решение одной из важных проблем лесоведения и лесоводства – на разработку принципов и методов оценки состояния лесов на территориях, загрязненных техногенными радионуклидами. Актуальность избранной темы определяется тем, что на планете уже достаточно много обширных зон, пострадавших в результате аварий на ядерных предприятиях (наиболее крупные: Чернобыль, Фукусима), и вероятность появления их в будущем не исключается. Предложенные и апробированные автором методологические подходы могут быть использованы для оценки лесных насаждений в любых радиоактивно-загрязненных зонах. Тема диссертации полностью соответствует заявленным научным специальностям – лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация.

Цель работы и задачи исследования сформулированы четко, работа выполнялась строго в рамках избранной темы. Методы исследования, использованные автором, адекватны поставленным задачам. Степень обоснованности каждого из полученных научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, можно считать высокой.

Научная новизна полученных результатов заключается в том, что автором разработаны и реально применены алгоритмы количественной оценки воздействия ионизирующего излучения на радиальный прирост древесины сосны в радиоактивно-загрязненных насаждениях. Впервые получены количественные данные, характеризующие изменчивость показателей радиального прироста у деревьев разных состояний в зависимости от времени, прошедшего с момента аварии на ЧАЭС, и от пространственной неоднородности плотности загрязнения почв радионуклидами.

По материалам научных исследований опубликовано 17 научных трудов, из них 2 - в изданиях, входящих в Перечень ВАК основных ведущих журналов и изданий. Содержания диссертации соответствует содержанию и качеству опубликованных работ. Текст автореферата полностью соответствует содержанию диссертации. Основные результаты апробированы на тематических конференциях.

Диссертация состоит из введения, семи глав, заключения, основных выводов и предложений, списка использованных источников из 324 наименований, в том числе 46 – на иностранных языках, изложена на 158 страницах, включая 12 рисунков и 23 таблицы. Украшает работу небольшой глоссарий, объясняющий использованные термины и понятия.

Во введении автор обосновывает актуальность исследований, формулирует цель и задачи работы, а также основные положения, выносимые на защиту. Приведена также научная и практическая значимость полученных результатов. Указано, что автор лично участвовал во всех этапах работы: от разработки целей, задач, программы и методов полевых и лабораторных исследований до сбора и анализа экспериментального материала, его статистической обработки и подготовки публикаций.

В главе 1 «Воздействие загрязнения природной среды радионуклидами на древесно-кустарниковую растительность» приводится обзор литературы по проблемам воздействия острого и хронического ионизирующего облучения на живые организмы, в частности, на лесную растительность. Кратко проанализированы особенностей загрязнения радионуклидами лесных территорий вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, рассмотрены основные закономерности накопления, распределения и миграций радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в основных компонентах биогеоценозов. Убедительно показана необходимость проведения исследования динамики роста годичных колец древесины сосны, поскольку имеющиеся данные в основном носят описательный характер, не учитывают различий в погодных ситуациях разных лет, изменений прироста, вызванных локальными факторами и возрастными изменениями в динамике роста деревьев. Использованные ранее методики не всегда соответствуют сложности изучаемого явления.

Глава 2 Объект и район исследований. Определив объект и предмет исследования, автор подробно характеризует тест-объект. Сосна обыкновенная – это признанный в международной практике референтный вид (Environmental Protection: the Concept and Use of Reference Animals and Plants // ICRP Publication 108, 2008). По данным многих источников охарактеризована радиационная обстановка в лесах Клинцовского и Злынковского лесничеств Брянской области. Плотность загрязнения почв долгоживущим радионуклидом  $^{137}\text{Cs}$  (данные автора за 2010 г.) в исследованных насаждениях колебалась от 2.6 до 156 Ки/км<sup>2</sup>, достигая на отдельных участках 275 Ки/км<sup>2</sup>. Уровень содержания радионуклидов в лесных ресурсах соответствует степени загрязнения почв. Мощность дозы колебалась в диапазоне от 0.15 до 5 мкЗв/ч, при фоновом значении 0.09 мкЗв/ч.

Глава 3 «Методика исследований». Эта обширная глава является ключом ко всей диссертационной работе. В ней не просто перечислены использованные методы, а дан их критический анализ с указанием недостатков и возможных путей их преодоления. Можно сказать, что автором оптимизирована методика отбора приростных кернов и математический алгоритм оценки влияния радиационного фактора на рост деревьев. К сожалению, автор не указывает, на базе какой статистической программы выполнены расчеты и не дает рекомендаций на этот счет. Часть данных из этой главы можно было бы перенести в самостоятельную главу, добавив ее в «Результаты», поскольку представлены собственные данные, все этапы их обработки и обсуждения, сделаны заключения, часть из которых вошла в выводы.

Глава 4. «Радиальный прирост сосны в насаждениях, загрязненных радионуклидами, в ранней и промежуточной стадиях развития аварии». Количественную оценку влияния радиации проводили, сравнивая фактический прирост 1986 г. в загрязненном и контрольном насаждениях с ожидаемыми значениями прироста, рассчитанными способом экстраполяции по данным 1976-1985 гг. Очень ценно, что автор использовал результаты оценки как раннего (весеннего) прироста, так и позднего (летнего), что позволило точнее восстановить ход событий. В лесах с плотностью загрязнения почвы менее 40 Ки/км<sup>2</sup> каких-либо изменений радиального прироста деревьев не выявлено. Однако на участках с уровнями загрязнения от 70 до 275 Ки/км<sup>2</sup> в 1986 г. наблюдалось значимое уменьшение раннего прироста у деревьев всех категорий состояний. Существенных потерь прироста поздней древесины не выявлено, что, по-видимому, обусловлено распадом короткоживущих и перемещением большей части долгоживущих радионуклидов под полог леса. В промежуточной стадии развития радиационной ситуации в лесах (1987-

1989 гг.) можно говорить лишь о тенденциях негативного воздействия излучений на ранний прирост и позитивного воздействия на поздний прирост древесины, данные статистически незначимы.

Глава 5. «Динамика радиального прироста сосны в поздней стадии развития радиационной аварии». Решение автора выделить в отдельную главу позднюю стадию развития радиационной ситуации в лесных насаждениях вполне логично. Состояние древостоев в этот период качественно изменилось: корневое поступление радионуклидов в растения стало доминировать, внутреннее облучение превалировало над внешним, эффекты подавления радиального прироста древесины сменились стимуляцией роста у деревьев 1 категории состояния. Фактический запас древесины этих деревьев спустя 30 лет после аварии оказался значимо (на 52.5 %) больше ожидаемого.

Глава 6 «Пространственная изменчивость радиального прироста деревьев сосны в связи с плотностью загрязнения почвы радионуклидами». Автор имел возможность исследовать насаждения сосны в широком градиенте плотности загрязнения. Границная плотность загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$ , при превышении которой проявлялось воздействие радиации на радиальный прирост древесины, оценена в 70 Ки/км<sup>2</sup>. Анализ данных осложняется тем, что на радиационный эффект накладывается влияние физиологического состояния деревьев, фенологических сроков формирования прироста, а также стадии развития ситуации в зоне загрязнения. Учитывать сочетанное воздействие нужно обязательно, чтобы избежать неверных выводов.

Глава 7 «Санитарное состояние сосновых древостоев, загрязненных радионуклидами». Режим ведения лесного хозяйства в загрязненной зоне изменился (фактически, стал заповедным), в связи с этим высказывались предположения, что это приведет к ухудшению санитарного состояния леса. Автор проверил эти предположения, проведя сплошной таксационный пересчет на контрольном и опытном участках. Показано, что радиоактивное загрязнение не вызвало патологических изменений роста и развития деревьев. В насаждении отсутствуют визуальные проявления тератогенеза в морфологии ветвей и хвои, не отмечено повреждений деревьев хвоегрызущими и стволовыми насекомыми и развития гнилевых болезней. Отмечена тенденция к увеличению сухостоя в зоне радиоактивного загрязнения, что связано, возможно, с отсутствием должных лесохозяйственных мероприятий.

Диссертационная работа завершается заключением и выводами, в которых нашли отражение основные полученные результаты, полностью соответствующие поставленной цели и задачам. Выводы, вытекающие из материалов исследования, представляются ценными, как с научно-исследовательских позиций, так в практическом плане. В них заложены фундаментальные основы, необходимые для разработки обоснованных планов ведения лесного хозяйства на радиоактивно загрязненных территориях.

К диссертационной работе имеются замечания.

1) В обзоре литературы задан исторический аспект, но отсутствует последовательность. Было бы логично выделить основные этапы развития радиоэкологии и радиобиологии (1 этап (оч. кратко) – изучение миграции и биологического действия естественных радиоизотопов; 2 этап (оч. кратко.) – появление техногенных радионуклидов, изучение их глобального распространения и действия на организмы и экосистемы в местах локального загрязнения, 3 этап

(подробно) – последствия для биогеоценозов глобальной аварии на Чернобыльской АЭС. Нелогично возвращаться в конце обзора к ранним (1963-1967 гг.) работам Sparrow, Woodwell и др.

2) Недостаточно освещены вопросы действия малых доз радиации на живые организмы, а фактически исследование автора касается именно этого вопроса. Желательно привести ключевые и современные работы в этой области, особенно иностранные. Можно посоветовать обзорные статьи и монографии, например, Москалев, Шапошников, 2008; Möller, Mousseau., 2016; Brechignac et al., 2016, Mothersill et al., 2017, а также книгу А.В. Яблокова (2016), в которой собраны наиболее важные мировые результаты, касающиеся аварии на ЧАЭС. Полезно ознакомиться с новыми работами С.А. Гераськина и его соавторов (2011-2017 гг), выполненными на сосне обыкновенной, растущей в Брянской области.

3) В целом в диссертации не соблюдается общепринятое единообразие обозначения радионуклидов ( $^{137}\text{Cs}$ ), а также единиц измерения активности и дозы. Общепринята система СИ. Исключением можно считать только внесистемную единицу - Ки/км<sup>2</sup>, характеризующую плотность загрязнения почв, поскольку она удобна и повсеместно используется.

4) Рисунок 1 (врезка) неинформативен, было бы лучше дать карту с обозначением реперных участков, как постоянных, так и временных.

5) В главе 3 автор четко обосновал в тексте стадии развития аварии на ЧАЭС и стадии (периоды) развития радиационной ситуации в загрязненных лесах. Это разные вещи. Однако в ходе изложения и даже в названии глав 4 и 5 можно видеть неточность определения стадии развития радиационной обстановки в насаждениях.

6) В главах 4– 7 в тексте встречаются оценки значимости закономерностей типа «...уменьшение прироста на 9,0 %;  $P>68\%$ ), что некорректно. Статистическая оценка с  $p>0.05$  не позволяет говорить о значимости выводов, только о тенденциях.

7) В начале главы 7 автор приводит результаты радиоэкологических исследований, характеризующих состояние сообществ в зонах загрязнения, но не дает ни одной ссылки на работы, в которых это показано.

8) В тексте встречается много неточностей в определениях и технических ошибок. Например: на стр. 11 автор дает не совсем корректное определение задач радиobiологии (без авторства, ссылка на интернет в данном случае недостаточна). Радиobiология изучает действие радиации на молекулярно-клеточном и организменном уровнях, а в дальнейшем автор в большей степени опирается на основы радиоэкологии. Было бы уместно дать здесь определение и этой научной дисциплины. Точность определений основных понятий очень важна. На стр. 114: «...значения удельной активности колеблются в диапазоне от 70 до 280 Ки/км<sup>2</sup>», хотя автор прекрасно знает, что речь идет о плотности загрязнения почв. Иногда в работе встречаются отклонения от темы, например на стр. 115: «Известные варианты нелинейных функций, описывающих дозовые зависимости, делятся на три группы: S-образные экспоненциальные кривые, сложные зависимости (парадоксальные эффекты) и кривые, для которых первые два вида аппроксимации оказываются неадекватными». S-образные экспоненциальные кривые характеризуют действие больших доз радиации, этот вопрос далек от темы диссертации, полезнее было бы разобраться с диапазоном малых доз, цитируя соответствующие источники (Бурлакова, 1999; Москалев, Шапошников, 2008; Brechignac et al., 2016). Список неточностей можно было бы продолжить, но принципиального значения это не имеет.

9) В списке использованной литературы указано мало иностранных работ, причем 25 из 46 источников опубликованы до 1990 г. Около 20 источников – тезисы докладов, которые содержат мало фактических данных. Много процитировано авторефераторов диссертаций, хотя было бы лучше использовать статьи этих авторов в периодических изданиях. Использована устаревшая (1974-1980 гг.) литература по статистическим методам в биологии. Нет указаний на использования современных статистических программ, что особенно важно, учитывая направленность работы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация Белова А.А. является оригинальным законченным исследованием, выполненным по большей части самостоятельно на достаточно высоком профессиональном уровне. Работа основана на большом массиве данных, написана хорошим научным языком. Большинство замечаний, сделанных в отзыве, не умаляют значимости работы и не отражаются на основных положениях, выносимых на защиту. Часть замечаний связана с техническими ошибками в работе. Разработанные на основе исследования рекомендации находят практическое применение в области ведения лесного хозяйства.

Диссертация соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденных постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 (пп. 9-14), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор **Белов Артем Анатольевич** заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 06.03.02 - Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация.

Доктор биологических наук  
(специальность 03.02.08 – экология)  
Зав. лабораторией популяционной радиобиологии  
ФГБУН Институт экологии растений и животных УрО РАН



Позолотина В.Н.

E-mail: [pozolotina@ipae.uran.ru](mailto:pozolotina@ipae.uran.ru)  
Тел. (343) 210-38-58 доб. 118  
620144 Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202/3  
Институт экологии растений и животных УрО РАН

25.10.2017 г.

