

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Коротковой Екатерины Михайловны «Солнечная УФ-В радиация как дополнительный фактор ослабления хвойных лесов в горах Южной Сибири», представленной на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.36 – Геоэкология (науки о Земле)

Диссертация хорошо структурирована и состоит из введения, 4 глав, заключения и списка использованных источников и литературы. Текст работы изложен на 118 страницах, иллюстрирован 11 таблицами и 41 рисунком. Список использованной литературы содержит 174 источника, из которых 80 работ на иностранных языках.

Актуальность тема диссертации, представленной для оппонирования, несомненно представляет большой теоретический и практический интерес. Вопросы, связанные с количественной оценкой воздействия антропогенных и природных факторов на лесные экосистемы, являются важными. Массовое очаговое усыхание темнохвойных лесов с середины 1990-х годов наблюдается в горных районах Южной Сибири (Кузнецкий Алатау, Западный и Восточный Саяны, Хамар-Дабан).

На устойчивость древостоев оказывают влияние климатические изменения, антропогенное загрязнение и развитие бактериальных болезней. Повышенные дозы радиации УФ-Б диапазона вызывают у растений многочисленные прямые и косвенные реакции, включая ухудшение метаболизма, фотосинтеза и транспирации, роста, морфогенеза и других процессов. Поэтому сформулированная автором **цель исследования** - оценить влияние усиления солнечной радиации УФ-Б диапазона на формирование очагов деградации хвойных деревьев в горных районах Южной Сибири является важной и актуальной задачей современной геоэкологии.

Задачи, сформулированные в исследовании, согласуются с поставленной целью. Выводы логичны и соответствуют поставленным задачам и защищаемым положениям.

Несомненным **достоинством представленной диссертации** является **научная новизна**, обусловленная уникальностью экспериментальных данных и теоретических расчетов:

1. Впервые определены значения коэффициентов радиационного усиления УФ-Б радиации в среднеширотном поясе бореальной зоны за полный и вегетационный периоды.

2. Соискателем впервые показано, что очаги усыхания хвойных лесов в горах Южной Сибири находятся в зоне многолетнего дефицита ОСО и испытывают на себе отрицательное влияние повышенных доз УФ-Б радиации.

3. В ходе оригинального эксперимента показано проявление накопления негативных изменений в интенсивности фотосинтеза и транспирации однолетней и двухлетней хвои ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) при долговременном облучении повышенными дозами УФ-Б радиации.

Положения, выносимые на защиту:

1. *Изменения потока УФ-Б радиации в средних широтах бореальной зоны при отсутствии радиометрических наблюдений в полный и вегетационный периоды определяются по данным измерений ОСО с помощью полученных коэффициентов радиационного усиления. Коэффициенты радиационного усиления в диапазоне 300–315 нм уменьшаются от 7,2 до 1,8 с ростом длины волн.*

В диссертации показано, что наиболее деструктивным для живых организмов является диапазон длин волн 300-310 нм. Основное ослабление радиации УФ-Б диапазона в атмосфере осуществляется в результате ее поглощения атмосферным озоном. Для выполнения сравнительного анализа были выбраны станции, имеющие статистически обеспеченные ряды наблюдений за УФ-Б радиацией и расположенные в бореальной зоне: Томск (Россия), Гус-Бей и Эдмонтон (Канада). Для вегетационного периода статистически высокая степень корреляции для УФ-Б радиации на длинах волн $\lambda \leq 305$ нм и умеренная на

длине волны $\lambda \sim 310$ нм проявляется для всех трех станций. Автор подтверждает расчетами, что в регионах произрастания бореальных лесов основным модулятором приземной УФ-Б радиации биологически активной части спектра является озоносфера.

Важным показателями являются рассчитанные автором коэффициенты радиационного усиления, с помощью которых можно оценить риски для биосферы, связанные с ростом дозы УФ-Б радиации. С учетом экспоненциальной зависимости коэффициента радиационного усиления от длины волны, глубокие отрицательные озоновые аномалии существенно увеличивают дозу УФ-Б радиации в наиболее деструктивной части диапазона.

2. Формирование очагов усыхания хвойных лесов на территории гор Южной Сибири с середины 1990-х годов происходило в пределах зоны максимального дефицита ОСО при соответствующем увеличении приземного уровня УФ-Б радиации. Снижение ОСО в отдельные месяцы достигало 12 %, что приводило к увеличению уровня приземной УФ-Б радиации диапазона 300–310 нм на 36–72 %.

Анализ изменения ОСО над территорией Южной Сибири показал, что состояние озоносферы над зоной бореальных лесов обусловлено присутствием в стратосфере вулканогенного аэрозоля. Автор выделил два периода с разным средним многолетним уровнем озона. Ступенчатое снижение ОСО в 1992 году, было вызвано мощным извержением тропического вулкана Пинатубо. В дальнейшем, в связи с высокой вулканической активностью в 2000-х годах, восстановления ОСО до фоновых уровней не произошло. Таким образом рассматриваемая территория в период с 1992-го года находится под непрерывным воздействием повышенных доз УФ-Б радиации. Истощение стратосферного озона по среднемесячным данным в период 1992-2012 гг. составляло от 4 до 12 % относительно многолетнего среднего 1979-1991 гг., что соответствует повышению уровня УФ-Б радиации волнового диапазона 300-310 нм в максимуме от 35 % для $\lambda \sim 310$ нм до 72 % для $\lambda \sim 300$ нм.

По мнению автора, данный факт явился дополнительной причиной ослабления хвойных деревьев и снижения их устойчивости к неблагоприятным факторам внешней среды, что в совокупности привело к массовому образованию очагов усыхания хвойного леса в регионе.

*3. Двухлетнее воздействие доз УФ-Б радиации, соответствующее 20 % дефициту ОСО, на саженцы ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) вызывает угнетение фотосинтеза и транспирации на 39 % и 54 % соответственно. При этом негативные изменения фотосинтеза и транспирации проявляются не только для хвои текущего, но и последующего поколения.*

Автором детально описана методика и последовательность проведения комплексного лабораторного эксперимента по исследованию влияния УФ-Б радиации на состояние хвойных деревьев (ели сибирской), который проходил в течение двух лет в 2015 и 2016 годах. В результате эксперимента было установлено, что долговременное воздействие повышенных доз УФ-Б радиации на саженцы ели сибирской привело к снижению интенсивности фотосинтеза и транспирации, достигавшему для двухлетней хвои 39 % и 54 % соответственно, на фоне сохранения оводненности хвои. Наиболее важным проявлением негативного влияния УФ-Б радиации в течение второго года эксперимента стало угнетение процессов фотосинтеза и транспирации хвои текущего года облучаемых растений, формирование зачатков которой происходило в июле–сентябре предыдущего вегетационного периода, включающего период облучения с июля по август.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, и их достоверность.

Полученные автором основные результаты и выводы диссертации основываются на большом количестве экспериментальных данных, обширном фактическом материале,

использовании современных методов статистической обработки данных. Экспериментальные данные получены на современном сертифицированном оборудовании. Полученные результаты являются достоверными, а выводы обоснованными, свидетельством чему является широкая апробация работы на 7 научных конференциях и публикации в рецензируемых журналах из списка ВАК, а также индексируемых в Web of Science.

Основные вопросы:

1) В разделе 4.3.2. «Фотосинтез и транспирация» приведены графики изменения указанных параметров в первый и второй годы эксперимента в обеих группах.

Абсолютные значения фотосинтеза и транспирации оказались меньше в 2016 году по сравнению с 2015 годом, как в контрольной, так и в экспериментальной группах (рис. 4.7 и 4.8, стр. 89).

а) Чем можно объяснить такое значительное снижение абсолютных значений в обеих группах?

б) Чем обусловлена динамика изменения фотосинтеза и транспирации, в частности наличие пиковых отклонений, на 80-й день наблюдений в 2015 г. и на 70-й день наблюдений в 2016 году?

в) За счёт чего, произошло снижение интенсивности фотосинтеза и транспирации у растений опытной группы после воздействия увеличенной дозы УФ-Б радиации? На какой компонент листового аппарата могло повлиять увеличение дозы УФ-Б радиации в эксперименте?

2) Результаты расчетов (эксперимент) показывают, что 20% дефицит ОСО вызывает снижение интенсивности фотосинтеза и транспирации на 39% и 54% соответственно, при этом наблюдаемые значения ОСО фиксируют 12% снижение в отдельные периоды с 1992 г., что приводит к увеличению доли УФ-Б радиации до 72%.

Если чувствительность лесных экосистем так велика к уровню изменения озона (ОСО) начиная с 1992 г., то означает ли это, что при сохранении текущих тенденций лесные экосистемы Южной Сибири (темнохвойные) обречены на гибель, в результате воздействия комплекса факторов на фоне продолжающегося низкого уровня ОСО? Существуют ли какие-либо расчеты вероятности и времени наступления такого события, когда процесс станет необратимым? Возможны ли какие-либо практические решения данной проблемы усыхания и гибели темнохвойных в Сибири?

3) Насколько адекватны полученные для ели сибирской результаты другим темнохвойным видам (сосна сибирская, пихта)? Как известно, усыхают преимущественно кедровые и пихтовые леса? Возможно было бы логичнее поставить эксперимент на пихте?

4) Площадь озоновых аномалий значительно превосходит площади лесов, испытывающих усыхание. Как можно объяснить тот факт, что усыхание деревьев темнохвойных пород проявляется очагами, а не повсеместно, где снижен уровень ОСО?

5) Насколько корректно можно использовать полученные расчетные зависимости, в частности коэффициент радиационного усиления, для разнообразных природных условий гор Южной Сибири? Возможно ли оценить влияние именно экспозиции макросклонов на величину приходящей УФ-Б радиации при снижении уровня ОСО?

Повсеместно в тексте диссертации и автореферата встречается аббревиатура «УФ-В», но в русской транскрипции правильнее было бы писать «УФ-Б». Другие замечания носят непринципиальный характер – «иголки», а не хвоя (с. 78); «несмотря» - пишется слитно (с.26).

Заключение по диссертации: Диссертация Е.М. Коротковой «Солнечная УФ-В радиация как дополнительный фактор ослабления хвойных лесов в горах Южной Сибири» является самостоятельным исследованием, выполненным на высоком профессиональном уровне, и представляет собой завершённый научный труд. Оригинальные результаты исследований имеют серьёзные перспективы теоретического и практического применения в других областях науки. Замечания и уточнения носят непринципиальный характер и не

вливают на положительную оценку работы. Текст автореферата соответствует тексту диссертации.

Работа полностью удовлетворяет требованиям ВАК, изложенным в «Положении о присуждении учёных степеней» (в частности, п.п. 9-11) и предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Екатерина Михайловна КОРОТКОВА заслуживает присуждения учёной степени кандидата географических наук по специальности 25.00.36 – Геоэкология (науки о Земле).

Официальный оппонент

Овчинников Дмитрий Викторович

кандидат географических наук

старший научный сотрудник

лаборатории структуры древесных колец

Института леса им. В. Н. Сукачева Сибирского

отделения Российской академии наук – обособленного

подразделения Федерального государственного

бюджетного научного учреждения «Федеральный

исследовательский центр «Красноярский научный

центр Сибирского отделения Российской академии наук»

Адрес: 660036, г. Красноярск, ул. Академгородок, 50

<http://ksc.krasn.ru>

e-mail: fic@ksc.krasn.ru

раб. тел.: (391) 243-45-12

«26» __января__ 2018 г.



ПОДПИСЬ

Подпись Овчинникова Д.В. заверяю
Ученый секретарь ФИЦ КНЦ СО РАН



П.Г. Шкуряев