ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Казаковой Елизаветы Александровны «АНАЛИЗ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ И АНТИОКСИДАНТНОГО СТАТУСА ХРОНИЧЕСКИ ОБЛУЧАЕМЫХ ПОПУЛЯЦИЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ», представленной на соискание ученой степени кандидата биологически наук по специальности 03.01.01 – Радиобиология.

Исследование механизмов формирования биологических эффектов на воздействие низких доз хронического облучения является актуальной научной задачей. Диссертация Е.А. Казаковой посвящена анализу генетической структуры и антиоксидантного статуса облучаемых в результате аварии на Чернобыльской АЭС популяций сосны обыкновенной. Исследуемый объект (*Pinus sylvestris*) обладает высокой радиочувствительностью и входит в число референтных видов, рекомендованных МКРЗ для оценки последствий облучения природных экосистем. Для решения задач, поставленных в работе, диссертант применил широкий спектр методов, включая как полевые исследования параметров радиоактивного загрязнения на экспериментальных участках, так и лабораторный анализ изоферментов и антиоксидантов. В работе был выявлен рост частоты мутаций в изоферментных локусах, кодирующих ферменты метаболизма, с увеличением годовой поглощённой дозы облучаемых популяций сосны. В результате сравнения показателей разнообразия изучаемых ферментов катаболизма и анаболизма с изученными антиоксидантными ферментами впервые установлено, что ферменты метаболизма характеризуются существенно большим аллельным разнообразием по сравнению с ферментами-антиоксидантами. Таким образом, показатель генетического разнообразия ферментов метаболизма оказался наиболее информативным при оценке последствий хронического облучения для изучаемых популяций сосны обыкновенной.

Проведенные исследования выполнены на высоком методическом уровне. Результаты, полученные в работе, являются оригинальными, имеют фундаментальную научную значимость и практическую ценность. Полученные в диссертационной работе данные по анализу белкового полиморфизма и антиоксидантного статуса популяций позволили заключить, что даже относительно невысокие мощности дозы хронического радиационного воздействия способны выступать в качестве экологического фактора, вызывающего изменения генетической структуры изучаемых популяций и работы антиоксидантной системы. Полученные результаты создают научную основу для оценки дальнейшей судьбы хронически облучаемых популяций растений, произрастающих на радиоактивно загрязнённых территориях.

В автореферате диссертации отмечено, что в качестве контроля выбраны два участка Брянской области с фоновым уровнем радиоактивного загрязнения - К и К1. Однако, как следует из таблиц 1 и 2, более высокое содержание цезия-137 в почвах на участке К1 и достоверные отличия в наблюдаемой гетерозиготности популяций на этом участке и участке К, не совсем согласуются с выбором участка К1 в качестве фонового.

Результаты работы апробированы на научных конференциях и широко опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК. Сделанные выводы полностью отвечают поставленным задачам. В целом, диссертационная работа Казаковой Елизаветы Александровны «Анализ генетической структуры и антиоксидантного статуса хронически облучаемых популяций сосны обыкновенной», выдвигаемая на соискание ученой степени кандидата биологически наук по специальности 03.01.01 – Радиобиология, соответствует критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а соискатель заслуживает присуждения искомой степени.

Болсуновский Александр Яковлевич,
доктор биологических наук
зав. лабораторией радиоэкологии
Института биофизики ФИЦ КНЦ СО РАН

/Болсуновский А.Я./

Адрес: 660036, Красноярск,
Академгородок, д. 50, стр. 50
Тел. +7 (391) 2494572 / e-mail: radecol@ibp.ru

Подпись Болсуновского А.Я.
Заверяю: делопроизводитель ФИЦ КНЦ СО РАН
Обособленное подразделение
ИБФ СО РАН

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Казаковой Елизаветы Александровны «АНАЛИЗ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ И АНТИОКСИДАНТНОГО СТАТУСА ХРОНИЧЕСКИ ОБЛУЧАЕМЫХ ПОПУЛЯЦИЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННО», представляемой к защите на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности: 03.01.01 – Радиобиология

Оценка отдалённых последствий крупных радиационных аварий для природных популяций растений, в течение длительного времени обитающих на радиоактивно загрязнённых территориях, является актуальной темой радиобиологических исследований. Изменения в генетической структуре популяций и их антиоксидантного статуса – это типичная ответная реакция растений на радиационный стресс. Анализ этих изменений необходим для разработки стратегии радиационной защиты как растительного покрова, так и биоты в целом. Сосна обыкновенная обладает высокой радиочувствительностью и в этом отношении является удобным объектом для изучения влияния ионизирующего излучения на популяции растений. Достоверность результатов данной работы определяется применением современных методик выполнения анализов, использованием биологических и технических репликаций при проведении экспериментов для оценки воспроизводимости результатов, объемом выборки, необходимым для получения адекватной оценки с помощью статистических методов обработки экспериментальных данных.

Автором показано, что даже относительно невысокие мощности дозы хронического радиационного воздействия способны вызывать изменения генетической структуры изучаемых популяций и работы антиоксидантной системы сосны. Результаты работы полезны для более полного понимания механизмов адаптации природных популяций растений к многолетнему хроническому низкодозовому радиационному воздействию.

Автореферат информативен, насыщен конкретными данными, хорошо иллюстрирован. Материалы работы широко обнародованы. Они докладывались на различных конференциях и опубликованы в необходимом объеме.

Таким образом, диссертационная работа Казаковой Елизаветы Александровны «АНАЛИЗ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ И АНТИОКСИДАНТНОГО СТАТУСА ХРОНИЧЕСКИ ОБЛУЧАЕМЫХ ПОПУЛЯЦИЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННО» представляет собой законченную работу, выполненную на высоком научно-методическом уровне, и по актуальности, научной новизне и практической значимости полученных результатов исследования, достоверности и обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций полностью отвечает требованиям п.9, 10 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата биологических наук, а сама соискатель – Казакова Е.А. достойна присуждения учёной степени кандидата биологических наук по специальности 03.01.01 – Радиобиология.

Ведущий научный сотрудник факультета почвоведения
Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова,
доктор биологических наук, С.В.Мамихин

«27» ноября 2018 г.

Данные об авторе отзыва:

Мамихин Сергей Витальевич, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник кафедры радиоэкологии и экотоксикологии факультета почвоведения Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова (почтовый адрес: 119992, Москва, Ленинские Горы, служ. телефон: 8-495-939-50-09; e-mail: svmamikhin@mail.ru)

Подпись Мамихина С.В.
ЗАВЕРЯЮ
Зав. канцелярией ф-та почвоведения

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации КАЗАКОВОЙ Елизаветы Александровны «Анализ генетической структуры и антиоксидантного статуса хронически облучаемых популяций сосны обыкновенной», представленной на получение научной степени кандидата биологической науки по специальности 03.01.01 – радиобиология.

Диссертационная работа Е. А. Казаковой, без сомнения, посвящена актуальному вопросу современной радиобиологии и радиоэкологии – изучению адаптации популяций растений к существованию в условиях постоянного и экстремально высокого антропогенного воздействия разнообразной природы, результаты которого позволят оценить его допустимые пределы, в частности, радиационного воздействия на биоту.

Положительным моментом работы является то, что она выполнена на сосне обыкновенной, которая является высоко радиочувствительным видом и отнесена к референтным видам, рекомендуемым МКРЗ для оценки отдаленных последствий облучения природных экосистем разных уровней интеграции.

Первым делом хотелось бы отметить методологическую четкость и ясность формулировки цели и заданий исследования, что, безусловно, выгодно отличает роботу Е.А. Казаковой от много других.

Полученные диссертантом данные по модификации уровня белкового полиморфизма хронически облучаемых популяций позволили прийти к нетривиальному, но обоснованному выводу о том, что даже относительно невысокие мощности облучения способны вызывать изменения генетической структуры изучаемых популяций. Существенной достижением диссертанта также можно считать результаты изучения изменения антиоксидантного статуса растений, обитающих на разных уровнях радионуклидного загрязнения почв. Полученные данные позволили автору сделать определенные выводы о возможном радиоадаптивном значении таких изменений. В качестве пожелания хотелось бы, чтобы в дальнейшей работе были проведены эксперименты по тестированию радиочувствительности растений (семян и/или проростков), произрастающих на участках с разным уровнем радионуклидного загрязнения почв с целью определения направленности адаптивных (гипо-или гиперадаптивных) изменений растений

Считаю, что диссертационная работа Казаковой Елизаветы Александровны «Анализ генетической структуры и антиоксидантного статуса хронически облучаемых популяций сосны обыкновенной» по уровню примененных методов, важностью и количеством полученных оригинальных научных результатов, уровнем ее обсуждения и пониманием автором исследуемой проблемы, отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения научной степени кандидата биологической науки по специальности 03.01.01 – радиобиология.

Доктор биологических наук,
зав. Лаборатории радиационной эпигеномики
отдела биофизики и радиобиологии
Института клеточной биологии и
генетической инженерии НАН Украины А.Н. Михеев

Відділ кадрів

Підпись Михеева А.Н.
Удостоверяю
Отдел кадров

26 ноября 2018 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Казаковой Елизаветы Александровны «Анализ генетической структуры и антиоксидантного статуса хронически облучаемых популяций сосны обыкновенной», представленной на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.01.01 – радиобиология

Диссертационная работа Казаковой Е.А. посвящена актуальной для радиобиологии научной проблеме, касающейся изучения механизмов формирования долгосрочных биологических эффектов облучения, а именно анализу генетической структуры и антиоксидантного статуса хронически облучаемых в результате аварии на Чернобыльской АЭС популяций сосны обыкновенной, произрастающих в Брянской и Гомельской областях.

Выбранный объект исследования сосна обыкновенная является одним из самых радиочувствительных видов среди живых организмов и рекомендован МКРЗ в качестве референтного для оценки последствий облучения природных экосистем.

В ходе выполнения работы установлено, что мощности дозы хронического облучения, наблюдаемые на изученных участках Брянской области способны увеличить частоту мутационных событий в эндоспермах семян и изменять показатели генетического разнообразия популяций сосны обыкновенной. Показано, что ферменты, выступающие в качестве генетических маркеров в данном исследовании, не изменяют свою активность в эндоспермах семян сосны обыкновенной в ответ на хроническое облучение в наблюдаемом диапазоне мощностей доз. Выяснено, что в исследованных популяциях сосны обыкновенной с наиболее радиоактивно загрязнённых участков Беларуси зафиксировано изменение антиоксидантного статуса.

Результаты, полученные с помощью современных методов исследования, создают основу для прогноза отдаленных последствий хронического радиационного воздействия на природные популяции. Их достоверность, учитывая использованный для каждого этапа исследования объем выборки и грамотную статистической обработку, не вызывает сомнений.

Выводы логичны, хорошо сформулированы и соответствуют поставленным задачам исследования.

Результаты работы апробированы на большом количестве научных конференций и опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК. Автореферат информативен, отражает основные идеи и выводы диссертационной работы, хорошо иллюстрирован.

Диссертационная работы Казаковой Е.А. «Анализ генетической структуры и антиоксидантного статуса хронически облучаемых популяций сосны обыкновенной», выдвигаемая на соискание учёной степени кандидата биологических наук, является комплексным, самостоятельным и завершённым научным исследованием, которое соответствует требованиям, предъявляемым ВАК к диссертационным работам, а её автор достоин присуждения ему учёной степени кандидата биологических наук по специальности 03.01.01 – радиобиология.

Доктор биологических наук, профессор ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ»

Левина С.Г.

О Т З Ы В

на автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук
Казаковой Елизаветы Александровны

Анализ генетической структуры и антиоксидантного статуса хронически облучаемых популяций сосны обыкновенной".

Специальность 03.01.01 – радиобиология

Актуальность исследования для решения фундаментальных проблем и целого ряда практических задач в области охраны окружающей среды и здоровья человека несомненна. Исследование генетического разнообразия вида, находящихся под воздействием техногенных факторов, в частности радиационного облучения — один из основных методов относительно новой научной дисциплины – природоохранной генетики, развивающейся в ряде передовых стран. Анализ механизмов формирования биологических эффектов при хроническом облучении необходим для понимания реакции природных популяций, для оценки их возможных адаптационных свойств, а также для установления нормы реакции жизненных структур на различных иерархических уровнях их организации, начиная от генов до популяций. В работе затрагивается вопрос о дозовой нагрузке, при которой включаются процессы адаптации популяций в ответ на хроническое облучение.

В практическом плане установление экологически безопасных уровней облучения биоты является важной методологической частью диссертационной работы.

Автором выполнен блестящий литературный обзор по проблеме, представляющий самостоятельный интерес.

Материалом исследований стало изучение изменений генетической структуры популяций в условиях низких доз облучения сосны обыкновенной. В рамках выполненной работы решалась также задача оценки чувствительности растений на долговременное стрессовое воздействие на основе определения концентраций ключевых антиоксидантов, что позволило выявить роль компонентов антиоксидантной системы. В работе используются современные методы исследований генетических последствий. В качестве популяционно-генетических маркёров использовались метаболические ферменты: 6-фосфаидегидрогеназы, мелатдегидрогеназы и лейцинаминопептидазы. Оценивалось аллельное разнообразие изучаемых ферментов и основные показатели, характеризующие генетическое разнообразие популяций, показана их связь с мощностью накопленной поглощенной дозы.

Важным моментом исследования стала попытка исключения других факторов стрессового воздействия на изучаемые популяции, что достигалось тщательным подбором контрольных участков, а также установлением концентраций других токсикантов (в частности тяжелых металлов) в одинаковых рамках и на уровнях, при которых популяционные эффекты не наблюдаются.

Одним из инструментов исследования стал изоферментный анализ, позволяющий количественно определить генетическое разнообразие популяций. В ходе исследования автор получила, что генетическое разнообразие экспериментальных популяций, оценённое с помощью AFLP-маркёров, оказалось выше на радиоактивно загрязнённых участках, чем в контроле. Автор делает предположение, что рост внутрипопуляционного разнообразия и эффективного числа аллелей на наиболее загрязнённых участках Брянской области обусловлен реакцией популяций на стресс, вызванный хроническим облучением и связан с высокой радиочувствительностью сосны обыкновенной.

Автором было получено, что в условиях хронического облучения популяции сосны отличаются высоким уровнем полиморфизма, а также высокими уровнями внутрипопуляционного

разнообразия. Наблюдается увеличение гетерозиготности на самом загрязнённом участке Брянской области по сравнению с контролем, и в тоже время все исследуемые популяции характеризуются избытком гетерозигот. При этом избыток гетерозигот в исследуемых популяциях частично может быть связан с возрастом исследуемых деревьев. Оценивая влияние несколько повышенного облучения популяции сосны автор отмечает, что согласно ряду исследований чрезмерное увеличение гетерозиготности неблагоприятно для нормального функционирования популяции. Действительно, существуют данные, что у высокогетерозиготных деревьев увеличивается доля нежизнеспособных семян по сравнению с деревьями с более низкой гетерозиготностью. Но в то же время отмечается, что в хронически облучаемых популяциях не происходит существенных изменений в репродуктивных характеристиках исследуемых сосен. В обзоре, сделанном автором, подчеркивается, что сохранение генетического разнообразия помогает максимизировать потенциал популяции в противостоянии и адаптации к биотическим и абиотическим изменениям окружающей среды. Важное значение имеет тот факт, что наблюдаемые на молекулярно-клеточных уровнях организации радиобиологические эффекты не экстраполируются напрямую на популяционный и экосистемный уровни.

В исследуемых популяциях сосны обыкновенной установлена зависимость концентраций малонового диальдегида (маркёр величины окислительного стресса) от величины радиационного воздействия.

При уровнях облучения от 10 до 130 мГр/год (т.е. ниже предела в 0,4 мГр/ч) несмотря на то, что наблюдалось повышение темпов мутационного процесса и изменение показателей, характеризующих генетическое разнообразие, активность исследуемых ферментов в эндоспермах сосны не зависела от уровня поглощенной генеративными органами дозы.

В качестве пожеланий автору можно отметить, что оценка адаптации сосны к повышенному радиационному облучению при фактически фиксированных мощностях дозы будет иметь важное практическое значение.

Автора отличает эрудиция в своей области, хорошее владение современными методами исследований.

Представленный автореферат соответствует заявленной теме. Он характеризует автора как квалифицированного специалиста в области радиационной биологии.

Работа Е.А. Казаковой соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Автор работы, несомненно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук.

Старший научный сотрудник
ИБРАЭ РАН 04.12.18 Панченко Сергей Владимирович

Институт проблем безопасного развития атомной энергетики
Российской академии наук (ИБРАЭ РАН).
Лаборатория радиоэкологии.
115191, Москва, Большая Тульская, дом 52,
тел.:8 495 955-23-21, E-mail: panch@ibrae.ac.ru

Подпись С.В. Панченко удостоверяю

Ученый секретарь
ИБРАЭ РАН 04.12.18 В.Е. Калантаров

Отзыв

на автореферат кандидатской диссертации Казаковой Елизаветы Александровны «Анализ генетической структуры и антиоксидантного статуса хронически облучаемых популяций сосны обыкновенной» (специальность 03.01.01 — Радиобиология)

Работа посвящена актуальной проблеме молекулярно-генетических механизмов формирования отдаленных эффектов хронического радиационного воздействия на природные популяции растений. Имеет как фундаментальное, так и прикладное значение, находясь в рамках исследований генетических механизмов одного из типов стрессорных воздействий. Тематика диссертации продолжает проводящийся в подразделении руководителя — С.А. Гераськина, большой цикл уникальных исследований генетических эффектов радиационного воздействия на растительные биоценозы (Гераськин С.А. и др., 2006; 2010; Удалова А.А. и др., 2010; 2012 и пр.).

Научная новизна работы заключается в комплексной оценке генетической структуры и антиоксидантного статуса хронически облучаемых популяции сосны обыкновенной, произрастающих в условиях радиоактивного загрязнения после аварии на Чернобыльской АЭС. С использованием в качестве генетических маркеров метаболических ферментов (мутации генов глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы, малатдегидрогеназы и лейцинаминопептидазы) был впервые проведен анализ генетических последствий хронического облучения для популяций сосны. Следует отметить, что сосна входит в перечень референсных объектов (один из всего двух растительных объектов в перечне), по которым оценивают уровень облучения биоты (ICRP-108 и др.). В связи с этим выбор автором объекта исследования представляется оправданным.

Автором было показано, во-первых, что частоты мутаций перечисленных ферментов для хронически облучаемых популяций сосны значимо превышает контрольный уровень и растет с увеличением мощности дозы, что указывает на интенсификацию мутационного процесса. Во-вторых, было обнаружено, что изученные популяции сосны характеризуются избытком гетерозигот, причем ожидаемая гетерозиготность увеличивалась со степенью радиоактивного загрязнения. В-третьих, для облучаемых популяций выявился высокий уровень полиморфизма и внутрипопуляционного разнообразия аллелей. Таким образом, хроническое радиационное воздействие вносит вклад в генетическую дифференциацию популяций. Был выявлен также возможный механизм указанных эффектов, связанный, по-видимому, с окислительным стрессом.

Важно отметить, что, хотя зависимости доза—эффект для активности антиоксидантных ферментов выявлено не было, тем не менее частота мутагенеза этих ферментов зависела от годовой дозы на исследуемых участках, и это во многом указывает на действительную радиационную специфичность выявленных автором закономерностей.

Судя по автореферату, работа оформлена в классическом стиле; материал представлен в целом добротно и исчерпывающе; биохимические методы адекватны. Отражение сути диссертации в массе публикаций исчерпывающе.

Имеются непринципиальные замечания.

1. На будущее рекомендуется при цитировании в тексте ссылок вместе с фамилиями авторов ставить инициалы, иначе такие ссылки не всегда можно найти.

2. На рисунках 2–5 приведены отклонения, но нигде не указано, какие конкретно (*m*, SD или CI).

3. В методической части приведен способ определения полиморфизма путем электрофореза ферментов. Понятно, что это достаточно стандартный и давний способ, однако ссылку на разработку (или на учебное пособие) привести было бы надо.

4. В разделе «Заключение» сделан вывод о ситуации с популяциями растений как таковых: а) «Даже *относительно невысокие мощности дозы*… способны выступать в качестве экологического фактора, вызывающего изменения генетической структуры *изучаемых популяций* и работы антиоксидантной системы»; и б) «Результаты настоящей работы… помогают прийти к пониманию механизмов адаптации природных популяций растений к многолетнему хроническому низкодозовому радиационному воздействию».

Все же надо иметь в виду, что, несмотря на референсное представительство для биоты, сосна (и хвойные) имеет аномально высокую радиочувствительность среди растений. И выявленные для нее эффекты относительно невысоких мощностей доз, все же, не обязательно будут распространяться на иные растения. В обобщающем на всю растительную биоту плане результаты диссертации имеют скорее качественный, фундаментальный, а не количественный характер.

Несмотря на указанные непринципиальные моменты, в целом работа по актуальности, объему исследований и полученным результатам соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям и может быть рекомендована к защите по специальности «Радиобиология».

Заведующий лабораторией
радиобиологических проблем техногенного облучения
отдела радиационной эпидемиологии
ФГБУ ГНЦ Федеральный медицинский биофизический центр
им. А.И. Бурназяна ФМБА России,

доктор биологических наук Котеров А.Н.

Подпись Котерова Алексея Николаевича заверяю:

Ученый секретарь
ФГБУ ГНЦ Федеральный медицинский биофизический
центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России,

кандидат медицинских наук Голобородько Е.В.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Казаковой Елизаветы Александровны на тему «Анализ генетической структуры и антиоксидантного статуса хронически облучаемых популяций сосны обыкновенной», представленной на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.01.01 – Радиобиология

Данная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии». Она посвящена изучению влияния хронического облучения на популяции сосны обыкновенной, произрастающей на территориях, загрязнённых в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Объект исследования выбран вполне осознанно, в связи с тем, что данное растение отличается высокой радиочувствительностью и отнесено к референтным видам, рекомендованным МКРЗ для оценки последствий облучения природных экосистем. Изучались модификация генетической структуры и антиоксидантный статус у выбранного объекта, что позволяет прояснить механизмы адаптации растений к неблагоприятным условиям и оценить их дальнейшую судьбу. Таким образом, тема диссертации несомненно актуальна как с научной, так и с практической точек зрения, способствуя разработке способов защиты биоты от радиационного воздействия, как следствия человеческой деятельности. Научная новизна работы связана с комплексной оценкой генетической структуры и антиоксидантного статуса хронически облучаемых популяций растений с использованием в качестве генетических маркеров трёх метаболических ферментов, оценкой их аллельного разнообразия. В диссертации показано увеличение частоты мутаций в изоферментных локусах с ростом годовой поглощённой дозы, генетическая дифференциация популяций в зависимости от уровня радиоактивного загрязнения почвы. При этом сама активность метаболических ферментов в эндоспермах семян сосны обыкновенной в исследованных диапазонах доз не изменялась. Также было установлено статистически значимое увеличение концентрации малонового диальдегида, как показателя нарушения целостности мембран, в районах с наибольшим загрязнением. Активация антиоксидантной системы обусловлена повышением концентрации восстановленного глутатиона и соотношения восстановленного и окисленного глутатионов.

Никаких замечаний к тексту автореферата и выдвинутым положениям у меня нет.

По теме диссертации всего опубликовано 18 печатных работ, из которых 3 представляют собой статьи, напечатанные в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК.

Таким образом, судя по автореферату, диссертация Елизаветы Александровны Казаковой на тему «Анализ генетической структуры и антиоксидантного статуса хронически облучаемой популяции сосны обыкновенной» является самостоятельно выполненным, законченным, квалификационным научным трудом, имеющим существенное значение для радиобиологии и радиоэкологии.

По актуальности, содержанию, объему, методическому уровню, новизне, достоверности, научной и практической значимости полученных результатов представленная работа полностью соответствует паспорту специальности 03.01.01 – Радиобиология и отвечает всем требованиям пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК Минобрнауки России (введено в действие Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., в редакции постановления Правительства РФ от 21 апреля 2016 года № 335), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор – Казакова Елизавета Александровна – заслуживает присвоения искомой ученой степени кандидата биологических наук по заявленной специальности 03.01.01 – Радиобиология.

Заведующий лабораторией радиационной гематологии и цитогенетики
Центра биомедицинских технологий
Федерального государственного бюджетного учреждения
«Государственный научный центр Российской Федерации –
Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна»
(123182, г. Москва, ул. Живописная, д.46;
тел.: +7 (499) 190-95-79; e-mail: fmbc-fmba@bk.ru),
доктор биологических наук

Нугис Владимир Юрьевич

12.12.2018

Подпись В.Ю. Нугиса удостоверяю.
Учёный секретарь ФГБУ ГНЦ ФМБЦ
им. А.И. Бурназяна ФМБА России,
кандидат медицинских наук

Голобородько Евгений Владимирович

12.12.2018

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Казаковой Елизаветы Александровны "Анализ генетической структуры и антиоксидантного статуса хронически облучаемых популяций сосны обыкновенной", представленной на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.01.01 – «Радиобиология».

В 2018 году исполнилось 32 года с момента одной из крупнейших техногенных катастроф – взрыва реактора на Чернобыльской АЭС. Чернобыльская авария привела к загрязнению радионуклидами значительной части территорий России, Беларуси и Украины и отразилась на популяциях животных и растений. Несмотря на то, что со времени аварии прошло много лет, до сих пор проводятся исследования, посвященные выявлению влияния радионуклидов на элементы биоты, в том числе установлению генетических и биохимических последствий аварии. Особый интерес представляет выявление эффектов воздействия радиоактивного загрязнения на древесные растения, т.к. они представляют собой наиболее чувствительные компоненты лесной растительности. Также леса являются естественными фильтрами: при аварии на Чернобыльской АЭС они явились своеобразным барьером и ловушкой для радионуклидов. В связи с изложенным выше актуальность исследований Казаковой Елизаветы Александровны, посвященных выявлению генетических (выявление частоты и спектра мутаций, генетической подразделенности хронически облучаемых популяций) и биохимических (определение активности ферментов и антиоксидантного статуса) эффектов хронического облучения в популяциях сосны обыкновенной, находящихся на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС, не вызывает сомнений.

Автор работы на основании собственных результатов исследований (определение содержания радионуклидов в почве, шишках, данные об экспозиционной и поглощенной дозах, а также электрофоретический анализ ферментов, спектрофотометрический анализ активности 3 ферментов, хроматографический анализ антиоксидантов, статистическая обработка результатов экспериментов) произвела

комплексную оценку генетических и биохимических эффектов хронического облучения на 7 опытных и 2 контрольных участках. Применяемые показатели представляются достаточными и информативными для оценки такого рода эффектов.

Диссертантом доказано, что мощности дозы (10 - 40 мГр/год) при хроническом облучении могут индуцировать в природных популяциях сосны мутационные события и приводят к возрастанию генетического разнообразия. Автором работы выявлена прямая связь между уровнями гетерозиготности популяции и радиоактивного загрязнения. Хроническое облучение не приводит к изменению активности малатдегидрогеназы, глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы, лейцинаминопептидазы в эндосперме семян сосны. Заслуживающим внимания представляется факт, что при хроническом радиационном облучении активируется работа антиоксидантных систем организма. Это показывает, что хроническое облучение в изученном диапазоне доз вызывает сресс-реакцию у растений сосны.

Хотелось бы пожелать автору работы выявить динамику изучаемых показателей в течение нескольких сезонов, что позволит выявить вклад погодной компоненты в изменение изучаемых характеристик и подтвердить или опровергнуть гипотезу о "волновой кинетике мутационного процесса" организмов, подвергшихся радиоактивному облучению, в отдаленные сроки после воздействия. Однако данное пожелание ни в коей мере не снижает качества проделанных автором экспериментальных работ и может рассматриваться как одно из направлений развития начатых исследований.

Результаты диссертационного исследования были доложены на региональных и международных научных конференциях, представлены в 18 печатных работах, в том числе в 3 журналах, рекомендованных ВАК РФ для опубликования результатов исследований на соискание ученой степени кандидата и доктора наук.

На основании анализа автореферата считаем, что диссертация Казаковой Елизаветы Александровны "Анализ генетической структуры и антиоксидантного статуса хронически облучаемых популяций сосны обыкновенной" является самостоятельным, логически обоснованным исследованием, решающим важную зада-

чу по выявлению в популяциях сосны обыкновенной, произрастающих на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС, генетических и биохимических эффектов хронического облучения. Работа отвечает требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.01.01 – «Радиобиология».

Зав. кафедрой биофизики и биотехнологии
медико-биологического факультета
Воронежского государственного университета,
д - р биол. наук, профессор
Артюхов Валерий Григорьевич

Профессор кафедры генетики, цитологии и
биоинженерии медико-биологического факультета
Воронежского государственного университета,
д - р биол. наук, профессор
Владислав Николаевич Калаев

Данные об авторах отзыва:

Артюхов Валерий Григорьевич - доктор биологических наук (специальность 03.00.04 - биохимия), профессор, зав. кафедрой биофизики и биотехнологии медико-биологического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет»;

Калаев Владислав Николаевич - доктор биологических наук (специальности 03.00.16 - экология; 03.00.15 генетика), профессор, профессор кафедры генетики, цитологии и биоинженерии медико-биологического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет».

Адрес: 394006, РФ, г. Воронеж, Университетская пл., 1, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования " Воронежский государственный университет" (ФГБОУ ВО "ВГУ")
Тел.: +7 (473)2208876
Факс: +7 (473) 220-87-55
E-mail: office@main.vsu.ru; Dr_Huixs@mail.ru
Сайт: www.vsu.ru

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ВГУ»)
Подпись Артюхова В.Г. Калаева В.Н.
заверяю
подпись, расшифровка подписи

О Т З Ы В

на автореферат диссертационной работы **Казаковой Елизаветы Александровны** ***«Анализ генетической структуры и антиоксидантного статуса хронически облучаемых популяций сосны обыкновенной»***, представленной на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности **03.01.01 – Радиобиология**

Работа Е.А. Казаковой посвящена интересной и актуальной теме, а именно изучению на популяционном уровне молекулярно-генетических изменений в макробиологических объектах, испытывающих хроническое воздействие низких доз ионизирующей радиации. Такого рода исследования безусловно важны и необходимы для разработки подходов к объективной оценке последствий длительного облучения на природные экосистемы и прояснения молекулярных механизмов адаптации высших растений к генотоксическим факторам внешней среды.

В своей диссертационной работе автор успешно использовала рациональные методологические подходы и адекватные экспериментальные модели; выбор объекта, постановка цели и задач исследований выглядят логичными и мотивированными. Интерпретация, достоверность и научная новизна полученных данных не вызывают никаких сомнений. Сформулированные выводы и заключение вполне обоснованы.

Автору удалось показать, что даже при относительно невысоких поглощенных дозах хронического облучения популяций сосны, произрастающих на загрязненных радионуклидами территориях, в них стимулируются мутационные процессы, увеличивается генетическое разнообразие и изменяется антиоксидантный статус. Полученные результаты очень интересны для радиобиологов и экологов, поскольку помогают понять механизмы радиоадаптации и биоэволюции, работающие при хроническом (многолетнем) воздействии низкодозового облучения на биоту. Эти результаты имеют также и практическую значимость, т.к. разработанный автором подход с такими же маркерами и аналогичными оценочными критериями может применяться в будущем для оценки влияния последствий техногенных катастроф и антропогенных факторов на генетическую структуру природных популяций растений или других биообъектов.

Автореферат хорошо написан, красиво оформлен и очень информативен. Из него ясно следует, что диссертационная работа Е.А. Казаковой представляет собой законченное оригинальное научное исследование, выполненное на современном и высоком методическом уровне. По своей актуальности, научной новизне и практической значимости эта работа полностью соответствует всем требованиям, предъявляемым ВАК к диссертациям на соискание ученой степени кандидата биологических наук, а сама соискатель – Е.А. Казакова достойна присуждения искомой степени по специальности 0.3.01.01 - Радиобиология.

Зав. лабораторией радиационной биохимии
отдела радиационной биохимии МРНЦ –
филиала ФГБУ НМИЦ Радиологии Минздрава России,
канд. биол. наук А.Е. Кабаков

Подпись А.Е. Кабакова удостоверяю

Ученый секретарь ФГБУ НМИЦ радиологии
канд. биол. наук Н.А. Печенина

ОТЗЫВ

на автореферат кандидатской диссертации Казаковой Елизаветы Александровны «*Анализ генетической структуры и антиоксидантного статуса хронически облучаемых популяций сосны обыкновенной*», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.01.01. – «Радиобиология».

Диссертационная работа Е.А.Казаковой, посвящена изучению радиобиологических эффектов в хронически облучаемых популяций растений. Основной целью исследований была исследование генетической структуры и антиоксидантного статуса хронически облучаемых популяций сосны обыкновенной. Исследования, проведенные в этом направлении, являются одной из актуальных и важных проблем радиобиологии, так как они могут служить выяснению фундаментальных механизмов адаптации природных популяций растений к многолетнему хроническому низкодозовому радиационному воздействию.

Подобные исследования также могут создать научную основу для оценки дальнейшей судьбы хронически облучаемых популяций растений, произрастающих на радиоактивно загрязнённых территориях.

Выбор объекта исследования также можно считать удачным, так как сосна обыкновенная является высокочувствительным растениям и может быть использована для оценки последствий облучения. Сосна обыкновенная, на самом деле входит в число референтных видов, рекомендованных МКРЗ для оценки последствий облучения природных экосистем.

В представленной работе автору удалось комплексно изучить полиморфизм, популяционно-генетических маркеров глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы, малатдегидрогеназы и лейцинаминопептидазы, оценить как активности этих ферментов, так и содержание низкомолекулярных антиоксидантов, таких как восстановленный и окисленный глутатион, аскорбиновая кислота.

Эти исследования дали возможность автору впервые оценить генетическую структуру и антиоксидантный статус хронически облучаемых популяций сосны обыкновенной, произрастающих в условиях повышенного радиоактивного загрязнения. Кроме того, автором впервые проведен

подробный анализ генетических последствий хронического облучения для изучаемых популяций сосны обыкновенной.

На основе определения концентрации МДА автору удалось определить уровень окислительного стресса, а путем изучения концентрации низкомолекулярных антиоксидантов - диапазон мощности дозы, который приводит к изменению функционирования антиоксидантной системы защиты. По мнению автора, эти изменения обуславливают адаптации популяций к хроническому радиационному воздействию. В принципе, с автором можно согласиться в смысле того, что антиоксиданты играют ключевую роль в адаптации растений к стрессовому воздействию (в этом случае хроническому облучению). Однако чтобы прийти к такому выводу, следовало бы исследовать и активности антиоксидантных ферментов, таких как супероксиддисмутаза, каталаза, пероксидаза и т.д.

Определение диапазона мощностей доз хронического облучения, модифицирующего генетические структуры исследуемых популяций, в самом деле, можно считать важным результатом работы, так как автор путем применения кластерного анализа смог разделить генетическую дифференциацию (изучаемые популяции) на две группы, отличающиеся по уровню радиоактивного загрязнения.

В заключении работы проведено интересное обсуждение возможной связи между радиоактивным загрязнением и адаптационными способностями сосны обыкновенной. Автор ограничился констатированием этого факта. Было бы лучше отразить это в Выводах.

Используемые методы являются адекватными и высоко-информативными, они позволили решить поставленные задачи.

Работа выполнена на высоком экспериментальном уровне, полученные результаты оригинальны и достоверны. Сделанные в работе выводы, в целом, соответствуют существу полученных экспериментальных данных.

Работа прошла необходимую апробацию, сделаны доклады на компетентных конференциях и симпозиумах, а результаты опубликованы в реферируемых журналах.

Публикации, название диссертации и выводы полностью отражают суть выполненной работы.

Актуальность темы диссертации, приоритетность цели и корректность решения поставленных задач не вызывает никаких сомнений. Полученные автором результаты отличаются новизной и, несомненно, имеют научный интерес.

Проведенные автором исследования вносят определенный вклад в понимание механизмов адаптации растений к многолетнему хроническому низко-дозовому радиационному воздействию.

В заключении хотел бы отметить несколько частных замечаний, не влияющих на общую высокую оценку работы:

- из материалов автореферата не ясно, насколько идентичны почвенно-климатические условия контрольного и экспериментального участков. Так как эти показатели также могут повлиять на результаты исследований;

- в работе кроме ^{137}Cs и ^{90}Sr также были определены основные физико-химические характеристики почвы, а также содержание тяжелых металлов. Однако из материалов, представленных в автореферате, не совсем ясно, относятся ли эти показатели только к контрольным или же и к экспериментальным участкам;

- данные по поглощенным дозам на экспериментальных участках (Вывод 1) считаю нецелесообразным представить как обобщенные выводы в разделе «Выводы».

По актуальности темы, новизне полученных научных результатов, характеру и объему экспериментального материала диссертационная работа Е.А.Казаковой соответствует требованиям Высшей аттестационной комиссии при Министерстве образования и науки Российской Федерации, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а сам автор заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.01.01 – «Радиобиология».

Руководитель лаборатории «Радиобиология» Института Радиационных Проблем Национальной Академии Наук Азербайджана, член Международного совета Международной программы «Современные проблемы радиобиологии: наука и практика», д.б.н., проф. Э.С. Джафаров.

Подпись Э.С. Джафарова подтверждаю.

24.12.2018 г.

Ученый секретарь ИРП

к.ф.м.н., дос. Хуриев М.А.

Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Radiasiya Problemləri Institutu
Azerb. National Akad. of Sciences Institute of Radiation Problems

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Казаковой Елизаветы Александровны «Анализ генетической структуры и антиоксидантного статуса хронически облучаемых популяций сосны обыкновенной», представленной на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.01.01 – радиобиология

Изучение процессов адаптации живых организмов, обитающих в условиях хронического воздействия малых доз ионизирующей радиации, относится к приоритетным задачам современной радиоэкологии и радиобиологии. В этой связи актуальность диссертационной работы Казаковой Е.А., посвященной анализу генетической структуры и антиоксидантного статуса популяций сосны обыкновенной, испытывающих долговременное радиационное воздействие на территориях загрязненных радионуклидами в результате аварии на Чернобыльской АЭС, не вызывает сомнений.

Диссертантом изучен полиморфизм популяционно-генетических маркеров глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы, малатдегидрогеназы и лейцинаминопептидазы в популяциях сосны, произрастающих на различных по уровню радионуклидного загрязнения территориях, а также оценена частота и спектр мутаций в изоферментных локусах растений. Исследовано содержание малонового диальдегида и низкомолекулярных антиоксидантов – восстановленного и окисленного глутатиона, аскорбиновой кислоты в хвое и оценена связь выявленных биологических эффектов с мощностью поглощенной дозы.

Результатами выполненных исследований была комплексная оценка генетической структуры и антиоксидантного статуса популяций сосны, произрастающих на загрязненных радионуклидами территориях. С использованием метаболических ферментов проведен анализ генетических последствий хронического облучения исследуемых растений. Оценено аллельное разнообразие изучаемых ферментов и основные показатели, характеризующие генетическое разнообразие популяций, а также показана их связь с мощностью поглощённой дозы. Установлено увеличение частоты мутаций в изоферментных локусах, кодирующих ферменты метаболизма, с ростом годовой поглощённой дозы. Важным результатом работы является генетическая дифференциация растительных популяций на две группы, отличающиеся уровнями дозовой нагрузки.

Полученные результаты позволили сделать вывод о том, что в диапазоне мощности поглощенной дозы 10,7–39,3 мГр/год происходит модифицирующее воздействие на генетическую структуру исследуемых популяций. Впервые проведён анализ концентраций малонового диальдегида, а также оценены концентрации низкомолекулярных антиоксидантов. Показано, что мощность поглощенной дозы 102,4–129,2 мГр/год приводит к изменениям функционирования антиоксидантной системы, которые могут играть определенную роль в адаптации популяций к хроническому радиационному воздействию.

Учитывая актуальность работы и ее достаточную апробацию, считаю, что диссертация Казаковой Елизаветы Александровны «Анализ генетической структуры и антиоксидантного статуса хронически облучаемых популяций сосны обыкновенной» является весомой по объему полученных данных, представляет собой цельное, самостоятельное, законченное исследование, а также имеет высокую теоретическую и практическую ценность. Научные положения и выводы, сформулированные в диссертации, являются обоснованными, достоверными и новыми; изложены в печатных работах и апробированы на научных форумах. Работа отвечает современным требованиям, предъявляемым к диссертационным работам, а ее автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.01.01 – радиобиология.

Заведующий отделом водной радиоэкологии
Института гидробиологии НАН Украины
доктор биологических наук Гудков Д.И.

Підпис Гудкова Д.І. завіряю
Вчений секретар
«08» 01 2019 м. Київ
Національна академія наук України
ІНСТИТУТ ГІДРОБІОЛОГІЇ
Ідентифікаційний код 05417029

В диссертационный совет Д 006.068.01 при ФГБНУ
"Всероссийский научно-исследовательский институт
радиологии и агроэкологии"

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Казаковой Елизаветы Александровны «Анализ генетической структуры и антиоксидантного статуса хронически облучаемых популяций сосны обыкновенной», представленной на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.01.01 – Радиобиология

На сегодняшний день не решена проблема, касающаяся оценки отдаленных последствий аварии на Чернобыльской АЭС для популяций растений. Хроническому низкодозовому облучению до настоящего момента подвергаются обширные территории лесных массивов, которые были загрязнены радионуклидами в результате этой аварии. Поэтому изучение механизмов формирования долгосрочных биологических эффектов облучения в природных популяциях, без сомнения, является актуальной научной задачей.

В диссертации Казаковой Е.А. отражены результаты впервые проведенной комплексной оценки генетической структуры и антиоксидантного статуса хронически облучаемых популяций сосны обыкновенной. Показано, что частота мутаций в изученных изоферментных локусах статистически значимо превышает контрольный уровень и растёт с увеличением мощности дозы хронического облучения. Изменяются показатели, характеризующие генетическое разнообразие изучаемых популяций, а также продемонстрирована их связь с мощностью поглощенной дозы. Установлено, что облучение мощностью дозы 102.4–129.2 мГр/год приводит к изменению работы антиоксидантной системы, а концентрации маркера окислительного стресса малонового диальдегида зависят от величины радиационного воздействия. Также показано, что активность исследуемых ферментов в эндоспермах семян сосны не зависит от уровня поглощённой генеративными органами растений дозы.

Работа выполнена на высоком научно-методическом уровне. Результаты имеют фундаментальную значимость и практическую ценность. Их достоверность определяется использованием современных методик выполнения анализа, необходимым объемом выборки, грамотной статистической обработкой экспериментальных данных и не вызывает сомнений.

Выводы логичны и отвечают поставленным задачам исследования.

Результаты работы были представлены на различных научных конференциях и опубликованы в необходимом объеме в изданиях, рекомендованных ВАК.

Автореферат дает полное представление о выполненной работе, хорошо иллюстрирован и информативен.

На основании изучения автореферата считаю, что диссертация Казаковой Е.А. «Анализ генетической структуры и антиоксидантного статуса хронически облучаемых популяций сосны обыкновенной», выдвигаемая на соискание учёной степени кандидата биологических наук, является самостоятельным и завершённым научным исследованием, соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (с изменениями от 21 апреля 2016 г. № 335), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.01.01 – «Радиобиология».

Кандидат биологических наук (03.00.01 «Радиобиология», 03.00.16 «Экология»),
заведующий лабораторией федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-производственное объединение «Тайфун»,
Заведующий лабораторией Каткова Маргарита Николаевна

249038, Калужская обл.,
г. Обнинск, Победы ул., 4,
телефон: (484)3971681
E-mail:
katkova@rpatyphoon.ru

Подпись Катковой М.Н.
подтверждаю
Начальник ОК
ФГБУ «НПО «Тайфун» Е.М. Вишенкова

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Е.А. Казаковой «Анализ генетической структуры и антиоксидантного статуса хронически облучаемых популяций сосны обыкновенной», представленной на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.01.01 - Радиобиология

Работа Елизаветы Александровны Казаковой «Анализ генетической структуры и антиоксидантного статуса хронически облучаемых популяций сосны обыкновенной» посвящена актуальной и чрезвычайно важной с теоретических и практических позиций теме влияния остаточной радиации в зоне Чернобыльской катастрофы на геном древесных растений и выявлению путей их адаптации к произрастанию в зоне радиоактивного загрязнения. В работе получен ряд принципиально новых и важных результатов и, прежде всего, касающихся изменения работы антиоксидантных систем при высоких дозах облучения.

Работа выполнена на высоком методическом уровне, ее отличает комплексный подход с применением широкого спектра современных методов, адекватность которых не вызывает сомнения. Результаты представлены на отечественных и международных конференциях и отражены в публикациях в российских и зарубежных журналах, рекомендованных ВАК для опубликования материалов диссертаций.

Автореферат написан грамотным литературным языком и прекрасно иллюстрирован. При его чтении не возникает сколько-нибудь серьезных замечаний. Исходя из вышесказанного, не подлежит сомнению, что диссертация Е.А. Казаковой «Анализ генетической структуры и антиоксидантного статуса хронически облучаемых популяций сосны обыкновенной», представленной на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.01.01 - Радиобиология, представляет собой научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задач, имеющих существенное значение для биологии. Диссертация полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Елизавета Александровна Казакова, заслуживает присвоения ученой степени кандидата биологических наук.

Доктор биологических наук,
Заведующий лабораторией структуры и динамики популяций
животных Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Институт систематики и экологии животных
Сибирского отделения Российской академии наук,
г. Новосибирск, ул. Фрунзе 11. Email: office@eco.nsc.ru

Евгений Анатольевич Новиков

Подпись Новикова Е.А.
заверяю.
10.01.2019
Ст. инспектор-референт Куркаева Л.В.