

«УТВЕРЖДАЮ»

Временно исполняющий обязанности директора  
Федерального исследовательского центра  
«Коми научный центр Уральского отделения  
Российской академии наук»

к.и.н.



А.В. Самарин

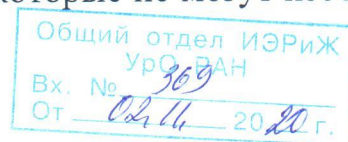
«5» октября 2020 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу  
**Шималиной Надежды Сергеевны**  
«Сравнительная характеристика *Plantago major* L. из зон  
радиоактивного и химического загрязнения»,  
представленную на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук  
по специальности 03.02.08 – экология

Интенсивное развитие промышленности в последние столетия привело к появлению на планете обширных территорий с повышенным содержанием тяжелых металлов и радионуклидов. Попавшие в природные экосистемы токсиканты способны нарушать баланс экосистем, приводя к элиминации или снижению численности чувствительных видов, появлению агрессивных инвазивных видов. Закономерности ответных реакций живых организмов на воздействие токсичных тяжелых металлов и радионуклидов, действующих и как источники ионизирующего излучения и как химические токсиканты, показаны в многочисленных экспериментальных работах. Однако в природных экосистемах на популяции действуют не только техногенные, но и природные факторы (температура, осадки и др.), компенсирующие или усиливающие действие техногенных. В связи с этим экстраполяция закономерностей, полученных в контролируемых лабораторных условиях, на природные популяции живых существ оказывается невозможной.

Существующие уже многие десятилетия импактные территории представляют собой уникальные полигоны для исследования механизмов адаптации живых организмов к существованию в условиях сильного антропогенного воздействия. Особый интерес представляют исследования прикрепленных или малоподвижных организмов, которые не могут избежать



влияния поллютантов и вынуждены включать механизмы адаптации к неблагоприятным условиям. Таким образом, **актуальность** предпринятого Шималиной Надеждой Сергеевной исследования представляется очевидной.

**Целью** диссертационной работы является сравнительный анализ экологических, генетических и биохимических особенностей подорожника большого (*Plantago major* L.) из зон радиоактивного и химического загрязнения. Для достижения поставленной в работе цели Надеждой Сергеевной были решены следующие **задачи**: определение мощностей поглощенных доз ионизирующих излучений в зоне Восточно-Уральского радиоактивного следа и уровней токсических нагрузок в зоне влияния Карабашского медеплавильного завода для материнских растений *P. major*; проанализирована внутри- и межпопуляционная изменчивость семенного потомства *P. major*, сформировавшегося в зонах радиоактивного и химического загрязнения, а также на фоновых территориях; оценен адаптивный потенциал семенного потомства *P. major* из разных зон к «привычному» и «новому» стрессовым факторам с помощью провокационного воздействия острого  $\gamma$ -облучения и загрязненной тяжелыми металлами почвы; сравнен про- и антиоксидантный статус семенного потомства *P. major* из разных зон; выполнен анализ изменчивости микросателлитных локусов в ценопопуляциях *P. major* из разных зон.

В ходе выполнения работы автором выполнена оценка жизнеспособность семенного потомства *P. major* с территорий, различающихся по типу и степени антропогенной нагрузки. Впервые исследован адаптивный потенциал к действию «привычного» и «нового» стрессовых факторов и состояние про- и антиоксидантных систем потомков растений подорожника из природных популяций с территорий, различающихся по уровню радиоактивного и химического загрязнения. В результате установлено, что изменения активности ферментов антиоксидантной системы относительно фонового уровня у растений с территорий, различающихся по типу загрязнения прямо противоположны. При этом наследуемой адаптации к существованию в условиях хронического техногенного воздействия не зарегистрировано. Также впервые проанализирован генетический полиморфизм ценопопуляций *P. major* из зон радиоактивного и химического загрязнения, а также с фоновых территорий. Автором показано, что при сохранении структуры популяции *P. major* в исследуемом регионе, в ценопопуляциях, испытывающих повышенную техногенную нагрузку, происходит снижение генетического разнообразия. Таким образом, **научная новизна** работы не вызывает сомнения.

**Практическая значимость** работы Шималиной Н.С. заключается в возможном использовании полученных новых знаний о механизмах

адаптации популяций дикорастущих растений к существованию в условиях техногенного загрязнения для проведения взвешенной оценки рисков последствий антропогенного воздействия на окружающую среду, которая позволит обеспечить стабильное развитие экосистем территорий, нарушенных в результате человеческой деятельности. Полученные в работе Надежды Сергеевны результаты могут найти применение при разработке отечественных и международных нормативных документов в области экологической безопасности.

Основные результаты диссертации изложены в четырех **статьях** в изданиях, рекомендованных ВАК РФ и индексируемых в WoS, апробированы на научных конференциях. **Автореферат**, как по своей структуре, так и по сути изложения материала полностью соответствует обсуждению основных результатов, описанных в диссертации. Выполненные исследования позволяют составить цельную картину техногенного воздействия на природные популяции. Автор лично осуществляла отбор проб почв и растений, участвовала в планировании и выполнении лабораторных экспериментов и анализов, в подготовке публикаций, а также представляла результаты, изложенные в диссертационной работе, на конференциях различного уровня.

**Структура** представленной рукописи и автореферата кандидатской диссертации соответствует логике заявленной цели и поставленным задачам. Иллюстративный материал содержит 9 таблиц и 23 рисунка. Работа изложена на 139 страницах, включая 2 приложения, и состоит из введения, 6 глав, заключения, выводов и списка цитируемой литературы, включающего 364 источника, в том числе 206 на иностранном языке.

Три первые главы диссертационной работы Шималиной Н.С. традиционны.

**Первая глава** посвящена обзору опубликованных исследований о биологических эффектах, наблюдаемых у растений с территорий с повышенным содержанием радионуклидов и тяжелых металлов в среде обитания. Рассматриваются природные и антропогенные источники поступления поллютантов в экосистемы. Подробно рассмотрены механизмы действия ионизирующего излучения и тяжелых металлов на растения на разных уровнях структурной организации и на разных этапах жизненного цикла, а также их влияние на генетическую структуру популяций растений. Выполненный анализ литературы позволил автору логично сформулировать задачи работы, которые необходимо решить для достижения поставленной в работе цели.

Во **второй главе** приводится характеристика района исследования.

Подробно описаны история и современное состояние техногенно загрязненных территорий: Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРС) и зоны влияния Карабашского медеплавильного завода (КМЗ). Приведены карта и характеристики участков, на которых проводили отбор проб почв и растений, в пределах зон радиоактивного и химического загрязнения. В качестве фоновых площадок выбраны участки, расположенные в той же природно-климатической зоне, но не подверженные значительному антропогенному воздействию.

В **третьей главе** приводится описание объекта и методов исследования. Выбор диссертантом объекта исследования обоснован в полной мере. *Plantago major* – повсеместно встречающееся на исследуемой территории многолетнее травянистое растение, размножающееся преимущественно семенами. Кроме того, растение используется как лекарственное, поэтому его биохимические и генетические характеристики хорошо изучены. Образцы почв и растений отбирали на семи участках, в том числе трех из зоны радиоактивного загрязнения, четырех – химического и на четырех участках с фоновым содержанием радионуклидов и тяжелых металлов в почве. Качество семенного потомства оценивали, проращивая семена в дистиллированной воде. Исследование адаптивного потенциала потомков растений с техногенно загрязненных территорий использовали острое облучение в дозах 100-400 Гр или почву с повышенным содержанием токсикантов. В качестве критериев жизнеспособности семенного потомства использовали всхожесть и выживаемость проростков, длину корней и интенсивность листообразования. Для оценки прооксидантного статуса проростков подорожника измеряли содержание малонового диальдегида. Антиоксидантный статус определяли по активности супероксиддисмутазы, каталазы и пероксидазы, также измеряли суммарное содержание низкомолекулярных антиоксидантов. Для оценки генетической изменчивости ценопопуляций *P. major* использовали девять полиморфных микросателлитных локусов. Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием общепринятых программ.

Материалы диссертации и их обсуждение приводятся в главах с четвертой по шестую.

В **главе четвертой** автор проводит оценку техногенной нагрузки на ценопопуляции подорожника с участков, различающихся по уровню и типу загрязнения. Так для травянистых растений с участков, расположенных в пределах ВУРСа, были рассчитаны мощности взвешенной поглощенной дозы. Мерой токсического воздействия техногенно загрязненной почвы из зоны влияния Карабашского медеплавильного завода служил индекс суммарной токсической нагрузки, учитывающий содержание Cu, Cd, Pb и Zn

в почве. В этой главе также приведены результаты оценки качества семенного потомства подорожника с исследованных участков. Автор отмечает тенденцию к угнетению листообразования и снижению скорости роста корней на участках с наибольшими уровнями техногенной нагрузки. Исследование адаптивного потенциала проростков *P. major* в целом не выявило радио- и металлоустойчивости растений ни в случае действия «привычного», ни в случае действия «нового» негативного фактора. Наиболее чувствительным к провокационному воздействию оказался показатель «длина корня».

В пятой главе автор обсуждает характеристики про- и антиоксидантного статуса проростков *P. major* с территорий, различающихся содержанием радионуклидов и тяжелых металлов в почве. Обнаружены противоположные изменения активности антиокислительных ферментов относительно фонового уровня в зависимости от типа техногенного загрязнения. Установлено, что изменение метаболизма активных форм кислорода наблюдается только у проростков подорожника с радиоактивно загрязненной территории.

Глава шестая посвящена оценке генетического полиморфизма ценопопуляций *P. major* с территорий, различающихся по типу и уровню загрязнения почвы радионуклидами и тяжелыми металлами. Автор отмечает снижение генетического разнообразия, выраженное в уменьшении среднего и эффективного числа аллелей на локус, а также числа редких аллелей в выборках с территорий, подверженных техногенному воздействию по сравнению с ценопопуляциями фоновых участков. Основной причиной снижения генетического разнообразия на радиоактивно загрязненной территории автор считает уменьшение потока генов из-за изолированности ценопопуляций ВУРСа. В зоне влияния медеплавильного завода, напротив, при постоянном притоке новых вариантов хронический токсический стресс приводит к жесткому отбору наиболее приспособленных особей. Анализ внутрипопуляционной структуры свидетельствует об однородности всех ценопопуляций и отсутствии влияния загрязнения разных типов на генетическую структуру популяции *P. major* исследуемого региона.

**Выводы** по проделанной работе, представленные в заключении, полностью соответствуют излагаемому материалу. Диссертационная работа отличается логичной компоновкой разделов, в основном изложена правильным научным литературным языком и оформлена в соответствии с современными нормативными требованиями.

К представленной на отзыв работе имеется ряд **вопросов и замечаний**.

1. Следовало провести более полный анализ литературных данных по влиянию ионизирующих излучений и тяжелых металлов на качество семян с

точки зрения сопоставления результатов, полученных в различных лабораториях. В разделе 1.3.1 рассматриваются результаты исключительно отечественных авторов, в то время как работы иностранных авторов отсутствуют. В то же время, поверхностный литературный поиск позволил найти работу Rout et al., 2000, doi:10.1016/s0045-6535(99)00303-3, достойную включения в обзор по обсуждаемой проблематике.

2. На стр. 56 диссертационной работы написано: «Интенсивность процессов перекисного окисления липидов оценивали по содержанию ТБК активных продуктов, основным из которых является малоновый диальдегид. Для определения ТБК-АП использовали реакционную среду...» Остается неясным, использовали ли для оценки прооксидантного статуса образование других ТБК-зависимых продуктов. Аббревиатуры ТБК нет в списке сокращений, стоило ее расшифровать.

3. Насколько точен расчет дозовых нагрузок для травянистых растений? На странице 61 сообщается, что: «были взяты пробы почв и вегетативной массы...», однако в таблице 4.1 приведены только удельные активности основных дозообразующих радионуклидов в почве. Применяли ли для расчета взвешенной поглощенной дозы только удельную активность радионуклидов в почве и предлагаемый программой Erica Tool коэффициент накопления или использовали собственные данные об удельной активности радионуклидов в надземной массе растений? Также из текста диссертации не понятно, каким образом определяли дозовые нагрузки на надземные и подземные органы растений? Кроме того, в Бк/кг измеряется удельная активность радионуклидов, а не концентрация.

4. Подписи к рисункам 4.6 и 4.10 не являются самостоятельными, что очень затрудняет анализ рисунка и сопровождающего его текста.

5. Оценивали ли такой показатель как «перенос (поток) генов»? Его значение, возможно, позволит подтвердить или опровергнуть предположение о связи между снижением генетического разнообразия ценопопуляций загрязненных территорий и ограничением доступа людей на эти участки.

Необходимо, однако, отметить, заданные вопросы и сделанные замечания ни в коей мере не умаляют значимости выполненной Шималиной Н.С. исследовательской работы.

Диссертационная работа обладает внутренней логикой, содержит необходимые исходные данные, обобщающие таблицы, рисунки, написана понятно, результаты статистически обработаны и достоверны, выводы обоснованы. Результаты, полученные автором, оригинальны, обладают научной новизной и практической значимостью. Основные этапы исследования, выводы и результаты представлены в автореферате и публикациях автора. Автореферат полностью отражает основное содержание

диссертации, содержит обоснованные выводы и рекомендации, отвечает требованиям ВАК РФ.

Считаем, что диссертационная работа Шималиной Н.С. по теме «Сравнительная характеристика *Plantago major* L. из зон радиоактивного и химического загрязнения» соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, **Шималина Надежда Сергеевна**, заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности **03.02.08** – «Экология».

Отзыв на диссертацию заслушан и утвержден на заседании отдела радиоэкологии Института биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук» (ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН). Протокол заседания от «30» сентября 2020 г. № 4.

Заведующий отделом радиоэкологии  
Института биологии ФИЦ Коми НЦ УрО  
РАН, доктор биологических наук по  
специальности 03.01.01 – «Радиобиология»,  
профессор по специальности 03.02.08 –  
«Экология» (биологические науки),  
профессор РАН, член-корреспондент РАН  
Адрес: 167982, г. Сыктывкар, ГСП-2,  
ул. Коммунистическая, 28  
Телефон (канцелярия): (8212) 24-11-19  
Факс: (8212) 24-01-63  
E-mail: [directorat@ib.komisc.ru](mailto:directorat@ib.komisc.ru)

*Моск*

/А.А. Москалев/

