

## **Отзыв**

официального оппонента на диссертационную работу  
Макаренко Екатерины Сергеевны на тему «Исследование морфологических параметров и генетического полиморфизма в природных популяциях сосны обыкновенной в условиях хронического радиационного воздействия»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.01.01 – радиобиология.

### **Актуальность темы выполненной работы**

Диссертационная работа Екатерины Сергеевны Макаренко посвящена изучению морфологической и генетической изменчивости в природных популяциях сосны обыкновенной, произрастающих в условиях хронического радиационного воздействия при низких мощностях доз, характерных для районов Брянской области (РФ) и Гомельской области (БР), загрязненных в результате аварии на ЧАЭС. Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью оценки морфометрических и морфологических показателей хвои и пыльцы сосны в дальней зоне радиационных аварий. Определение диапазона чувствительности таких показателей при хроническом облучении актуально для развития методических подходов к оценке последствий радиационного воздействия для биоты.

В соответствии с этим, целью диссертационной работы Е.С. Макаренко являлась оценка морфологических параметров и генетического полиморфизма в природных популяциях сосны обыкновенной в условиях хронического радиационного воздействия.

Работа выполнена в рамках научно-исследовательских работ лаборатории радиобиологии и экотоксикологии сельскохозяйственных растений Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и

агроэкологии» при поддержке грантами РФФИ (№ 14-14-00666) и РФФИ (№ 11-04-00670; № 12-04-97550).

### **Новизна исследования, полученных результатов и выводов, сформулированных в диссертации**

В работе Е.С. Макаренко впервые проведено детальное исследование морфологические показатели вегетирующих и репродуктивных органов и генетического полиморфизма в популяциях сосны обыкновенной в параллельно выполняемых исследованиях. Показано отсутствие устойчивого значимого эффекта радиационного воздействия в диапазоне мощностей доз 10–130 мГр/год на морфометрические показатели хвои.

Впервые показано, что индекс флуктуирующей асимметрии, оценённый по длине парных хвоинок, устойчиво пропорционален уровню радиоактивного загрязнения (коэффициент корреляции с мощностью экспозиционной дозы составил в 2011, 2013 и 2016 гг. около 0.9). Выявлена повышенная частота аномалий пыльцы сосны обыкновенной на радиоактивно загрязнённых территориях, пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

Показано, что при хроническом радиационном воздействии в популяциях сосны обыкновенной наблюдается тенденция к увеличению числа полиморфных локусов, выявляемых с помощью AFLP (полиморфизм длины амплифицированных фрагментов ДНК). При этом среднее генетическое разнообразие на локус статистически значимо превышает контрольный уровень для большинства изученных радиоактивно загрязнённых участков Брянской и Гомельской областей.

На основании анализа полученных данных делается вывод о том, что наиболее чувствительными морфологическими индикаторами радиобиологических эффектов у сосны обыкновенной в условиях хронического радиационного воздействия с мощностью дозы до 130 мГр/год

являются индекс флуктуирующей асимметрии по длине хвои и частота появления аномальной пыльцы.

Выводы сформулированы корректно и соответствуют поставленным задачам исследования.

### **Достоверность результатов исследования**

Автором проанализирован большой массив экспериментальных данных, полученных в лабораторных и полевых условиях. Генетические исследования природных популяций сосны обыкновенной выполнены на современном методическом уровне. Экспериментальные исследования повторяли в течение нескольких лет. Полученные в работе результаты и сформулированные выводы полностью соответствуют поставленной цели и задачам исследования. Обзор литературы, экспериментальные исследования и их анализ свидетельствуют о хорошей теоретической и методической подготовленности диссертанта. Сделанные выводы обоснованы и логически вытекают из результатов исследования. Результаты исследований были доложены на многочисленных региональных конференциях и как минимум на трех международных форумах высокого уровня. Основные материалы диссертации опубликованы в 27 печатных работах, из них 4 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК. Автореферат и опубликованные работы достаточно полно отражают содержание диссертации.

Таким образом, полученные Е.С. Макаренко научные результаты и выводы являются обоснованными и достоверными.

### **Замечания**

Принципиальных замечаний к работе нет. Диссертация хорошо иллюстрирована и практически не содержит опечаток. Имеется комментарий к тезису «относительная частота изменения электрофоретической

подвижности повышена на радиоактивно загрязнённых участках» (Вывод 5). Прежде всего оппоненту не вполне очевидна смысловая нагрузка такого показателя (доля случаев сдвига полосы по отношению к суммарному числу сдвигов и исчезновений). Также неясно, каким образом учитывалось число деревьев, изученных для каждого участка. В любом случае на глаз видно, что значимость эффектов, приведенных в табл. 19 (стр. 97), сильно завышена. Например, для сравнения 4/34 vs. 7/33 (К1 vs. ВИУА) двусторонний точный тест Фишера дает  $p = 0.34$ . Между тем в таблице это сравнение помечено как значимое ( $p < 0.05$ ). То же самое относится к сравнениям с участков ЗП и ЗК с контролем:  $p$ -value по точному тесту Фишера равно 0.33 и 0.22, соответственно. Единственное значимое различие – это К1 vs. Кул:  $p = 0.014$  (но не  $p < 0.01$ , как указано в таблице). Непонятно, каким образом автор проводила сравнения частот (в «Материалах и методах» никаких указаний нет). Тем не менее, Вывод 5 можно не снимать, поскольку для всех экспонированных участков наблюдаются незначимые, но однонаправленные эффекты. Действительно, мета-анализ сравнений 7 загрязненных участков с контролем (fixed effect model) дает  $p = 3.7 \cdot 10^{-4}$ . Однако отношение загрязнение/контроль для показателя «доля случаев изменения подвижности» составляет всего лишь  $1.07^{1.17}_{1.28}$  (Mantel-Haenszel estimator of ratio with 95%CI).

Еще несколько замечаний редакционного характера.

1. На стр. 61 имеется ссылка [258] на статью Zavitkovski, J. Effects of gamma radiation on biomass production of ground vegetation under broadleaved forests of Northern Wisconsin // Radiation Botany. 1975. V.15. № 4. P. 337–348. В этой работе нет ни слова о байесовском подходе к вычислению частот нуль-аллелей. Вероятно, имелась в виду ссылка [260].

2. Таблицы 16 (стр. 93) и 18 (стр. 96), строго говоря, противоречат друг другу. Например, для участка К1 в таблице 18 указано, что изучено 2576 локусов, а в таблице 16 сказано, что обнаружено 110 полиморфных локусов,

которые составили 60% от общего числа локусов. Вероятно, в первом случае суммировались локусы для всех обследованных деревьев.

3. Рисунки 3-9 были бы проще для восприятия, если бы в подписях по X были уровни загрязнения, а не обозначения участков.

Приведенные замечания не влияют на, безусловно, положительную оценку работы в целом.

### **Значимость для науки и практики полученных автором диссертации результатов**

Результаты проведенного исследования вносят вклад в общее представление о механизмах адаптации природных популяций растений к неблагоприятным внешним условиям. Практическая значимость полученных данных связана с возможностью их использования для совершенствования существующей системы контроля состояния окружающей среды.

Результаты работы могут быть также использованы в образовательных целях на биологических факультетах ФГОУ ВПО «Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова», ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный университет», в ФГБУН Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, ГУ Научный центр биомедицинских технологий, ГУ Научно-исследовательский институт экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина.

### **Заключение**

Таким образом, диссертационная работа Макаренко Екатерины Сергеевны на тему «Исследование морфологических параметров и генетического полиморфизма в природных популяциях сосны обыкновенной в условиях хронического радиационного воздействия», представленная на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности

03.01.01 – радиобиология, является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей существенное значение для радиационной биологии и генетики хронически облучаемых популяций растений. Работа Е.С. Макаренко по актуальности изучаемой проблемы, научной новизне, практической значимости, полноте изложения и обоснованности выводов отвечает 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 автор заслуживает присуждения ему искомой степени кандидата биологических наук по специальности 03.01.01 – радиобиология. «16» декабря 2018 г.

Александр Владимирович Рубанович, доктор биологических наук  
зав. отделом генетической безопасности ФГБУН Институт общей генетики  
им. Н.И. Вавилова РАН, 119991, ГСП-1 Москва, ул. Губкина, д. 3.  
тел. (495)-132-8958, e-mail: rubanovich@vigg.ru

А.В. Рубанович

Подпись А.В. Рубановича заверяю:

ученый секретарь ФГБУН Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН  
доктор биологических наук

О.А. Огаркова

