

**ОТЗЫВ официального оппонента  
на диссертационную работу Минкеновой Кырмызы Сериковны  
«Цитогенетические эффекты в популяциях *Koeleria gracilis* Pers. и *Stipa capillata* L.  
с площадки Семипалатинского полигона, где испытывали боевые радиоактивные  
вещества», представленной на соискание ученой степени кандидата биологических  
наук по специальности 1.5.1. Радиобиология**

Актуальность работы. Радиация является одним из экологических факторов, необходимым для успешного существования живых организмов и их сообществ. Штатная и аварийная работа предприятий атомной отрасли, испытания ядерного и термоядерного оружия способствовали появлению обширных территорий, загрязненных долгоживущими радионуклидами. В настоящее время в 40 субъектах РФ находятся объекты ядерного наследия. Одним из объектов ядерного наследия, расположенных на территории Казахстана, является Семипалатинский испытательный полигон (СИП). Популяции растений, произрастающие на его территории, длительное время испытывают действие ионизирующего излучения.

Анализ частоты встречаемости хромосомных aberrаций у разных групп организмов, обитающих в условиях техногенной нагрузки, служит классической тест-системой для проведения мониторинговых исследований. Поэтому комплексное исследование, проведенное Минкеновой Кырмызы Сериковной, по оценке дозовых нагрузок и изучению цитогенетических эффектов у двух многолетних травянистых видов растений (*Koeleria gracilis* Pers. и *Stipa capillata* L.), испытывающих в череде поколений действие ионизирующей радиации на участках СИП, представляется весьма актуальным и своевременным.

Соответствие темы диссертации паспорту заявленной научной специальности. В паспорте специальности 1.5.1. Радиобиология содержится направление 7 (Фундаментальные и прикладные проблемы дозиметрии радиобиологических эффектов. Количественная оценка биологического действия излучения. Биологическая дозиметрия. Особенности биологического действия малых доз облучения), направление 12 (Радиобиология растений. Влияние ионизирующих излучений на растения. Применение ионизирующих излучений в селекции растений) и направление 13 (Радиационная экология: изучение закономерностей поведения радиоактивных веществ в окружающей среде и действия ионизирующего излучения на растения и животных, разработка защитных мероприятий. Последствия ядерных аварий и катастроф, чрезвычайных ситуаций. Принципы и методы радиационного мониторинга. Методы реабилитации и ведения хозяйства на загрязненных радионуклидами территориях. Миграция радионуклидов. Действие ионизирующего излучения на

организмы, популяции и экосистемы. Радиоэкологические и радиобиологические последствия радиоактивного загрязнения, в том числе в результате радиационных аварий). Работа выполнена строго в рамках избранной темы и соответствует паспорту научной специальности 1.5.1. Радиобиология.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Диссертация Минкеновой Кыргыз Сериковны является завершенной научно-квалификационной работой, которая основана на обширном фактическом материале, собранном и проанализированном непосредственно соискателем, содержит новые научные знания, на основании которых сделаны оригинальные выводы. Защищаемые положения и выводы диссертационного исследования обоснованы, их достоверность подтверждена результатами комплексных исследований и скрупулезным анализом.

Научная новизна полученных результатов. Результаты диссертационного исследования чрезвычайно интересны. Впервые проведено комплексное цитогенетическое исследование тонконога и ковыля на площадке «4А» СИП. Во-вторых, обнаружен основной дозообразующий радионуклид ( $^{90}\text{Sr}$ ) и способ формирования дозы (внутреннее облучение). В-третьих, установлена нелинейная форма зависимостей частоты цитогенетических эффектов от логарифма мощности поглощенной дозы. В-четвертых, для тонконога и ковыля из природных популяций впервые установлены пороговые значения мощности поглощенной дозы, ниже которой частота цитогенетических нарушений значимо не превышает спонтанный уровень.

Значимость выводов и рекомендаций для науки и практики. Теоретическая и практическая значимость работы определяется новыми данными о форме зависимостей разных групп цитогенетических нарушений (одиночные и двойные мосты, фрагменты, митотические аномалии) от логарифма мощности дозы и конкретными рассчитанными пороговыми величинами. Полученные автором сведения о разной максимальной величине цитогенетических аномалий у тонконога и ковыля, которые наблюдаются при сопоставимой нагрузке, расширяют диапазон научных знаний о радиочувствительности видов и ставят перед исследователями новые вопросы о возможных механизмах этого явления. Апробированный соискателем подход может быть использован для поиска зависимостей частоты цитогенетических нарушений от мощности поглощенной дозы у других растений, длительное время произрастающих в зонах радиоактивного загрязнения. Полученные данные создают научную основу для разработок в области экологической безопасности и радиоэкологического мониторинга.

Соответствие содержания автореферата содержанию диссертации. Апробация работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, выводов, списка сокращений и условных обозначений, списка использованных источников (178 наименований). Работа изложена на 136 страницах текста, включает 11 рисунков, 13 таблиц и 4 приложения. Структура диссертации логична, имеет внутреннее единство. Основное содержание работы изложено в 17 публикациях, из которых 5 статей опубликованы в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК, в том числе индексируемых в международных базах данных WoS или Scopus. Результаты работы были неоднократно апробированы на международных и региональных конференциях и конкурсах. Автореферат адекватно отражает содержание диссертации.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, степень ее разработанности, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, положения, выносимые на защиту, предмет и объект исследования, методология и методы исследования, соответствие диссертации паспорту научной специальности, степень достоверности результатов. Представлен личный вклад соискателя в работу, апробация результатов исследования, а также связь темы диссертации с плановой тематикой научно-исследовательских работ.

Глава 1 представляет собой обзор литературы, в котором диссертантка предприняла попытку обобщить опубликованные в открытой печати сведения о радиобиологических эффектах у растений на разных уровнях организации живой материи.

В главе 2 охарактеризованы район, объекты и методы исследования. Описание полевых, аналитических (определение в почвах и растениях содержания радионуклидов и тяжелых металлов), расчетных (оценка мощности поглощенной дозы), цитогенетических и статистических методов анализа приводится достаточно подробно. Методология данного исследования основана на базисе радиоэкологии и радиобиологии: сначала оценивается содержание радионуклидов в почве и растениях, затем рассчитываются дозовые нагрузки и только потом изучаются биологические эффекты. Выбранные в качестве объектов исследования тонконог и ковыль принадлежат к семейству злаковые – одному из крупнейших наземных семейств-космополитов покрытосеменных растений. Злаки были выбраны Международной комиссией по радиационной защите в качестве одной из референтных групп для оценки хронического действия ионизирующего излучения на наземные экосистемы (Публикация 108). Диссертационную работу отличает адекватность выбранных методов проверки статистических гипотез и регрессионных моделей, что свидетельствует о высокой квалификации диссертантки.

В главе 3 приводятся результаты исследования по всем заявленным параметрам. Всего было исследовано 100 растений тонконога и 63 ковыля. Впечатляет число изученных препаратов апикальной меристемы корешков (3942 экз.) и просмотренных анафазных или телофазных (138905) клеток у двух видов растений. Использование в диссертации цитогенетического анализа совместно с данными, полученными в аккредитованных аналитических лабораториях, в результате стандартных и специально разработанных статистических и методических приемов свидетельствует о высокой достоверности полученных результатов.

Глава 4 содержит обобщение и обсуждение результатов исследования по трем вышеуказанным блокам.

В заключении подводятся итоги диссертационного исследования.

Выводы основаны на полученных соискателем экспериментальных и расчетных данных, на их совместном анализе с литературными источниками, статистически подтверждены и являются достоверными.

Таким образом, все поставленные в рамках диссертационной работы задачи выполнены в полном объеме. Однако к диссертации есть ряд замечаний и рекомендаций:

1) Во введении и в тексте диссертации встречаются фразы, подразумевающие, что данное исследование проводится непосредственно в полевых условиях, словно это измерения *in situ*. Однако полевые условия касаются только мест произрастания растений и сбора материала из природных популяций. Все другие манипуляции (определение содержания радионуклидов, тяжелых металлов, цитогенетический анализ) в рамках диссертационного исследования были проведены в лабораторных условиях. Изучение радиобиологических эффектов на материале, полученных в природных популяциях растений, не является столь уж редким событием, как утверждает соискатель.

2) Заявленная цель диссертационной работы значительно уже, чем реально проделанная работа. Аналогичное замечание касается также и задач исследования, поскольку в виде задачи, например, не сформулирован расчет мощности поглощенной дозы для тонконога и ковыля.

3) Формулировка первого и четвертого положений, выносимых на защиту, больше напоминают научную новизну, чем защищаемые положения.

4) В частях введения «Предмет и объект исследования» и «Методология и методы исследования» встречается дублирование информации.

5) Литературный обзор при внешне созданной структуре представляет собой аморфное образование. Он содержит небольшое число цитирований и характеризуется отсутствием ссылок на внешние источники информации даже в тех частях текста, где

вопрос «поставить ссылку или нет» не должен даже обсуждаться. Излишняя структурированность литературного обзора привела к появлению иерархии заголовков пятого уровня, содержащих, порой, единственный абзац. В подразделе 1.1 литературного обзора диссертантка пытается описать структуру каждого из уровней организации живого (молекулярный, клеточный, организменный, надорганизменный). Поскольку подраздел назван «Радиобиологические эффекты у растений на разных уровнях биологической организации», хотелось бы увидеть описание возможных эффектов, начиная с первых этапов взаимодействия облучения с веществом – с радиолиза воды. Однако такая информация в этом подразделе отсутствует. Стиль повествования периодически мало соответствует научному изложению. При описании систем надорганизменного уровня наблюдается неаккуратное обращение с терминами из области экологии и эволюции.

б) Попытка обобщить радиобиологические эффекты (теперь уже только на популяционном уровне) возобновилась в подразделе 1.2 литературного обзора. В подразделе выделено 3 пункта, касающихся двух крупных радиационных аварий (Кыштымской 1957 г. и Чернобыльской 1986 г.) и СИП (испытания боевых радиоактивных веществ с 1953 по 1957 гг.). Очередность расположения пунктов не обоснована. Кроме того, необходимо прояснить, к какому все же уровню биологической организации, по мнению соискателя, относятся цитогенетические эффекты. Согласно подпункту 1.1.2.3 литературного обзора, аберрации хромосом отнесены диссертанткой к клеточному уровню. Однако в подразделе 1.2 они рассматриваются в качестве популяционных проявлений. Вторая часть литературного обзора представляет собой не связанные между собой абзацы вида «один абзац – реферат одной статьи». Поскольку соискатель не понаслышке знаком с результатами цитогенетических исследований, выполненных на СИП, мета-анализ украсил бы литературный обзор.

7) В подразделе 2.1 главы «Материалы и методы исследования» радиоэкологическое описание приводится с дублированием данных в тексте и таблицах. Первый абзац подраздела 2.2 следовало перенести в последний абзац подраздела 2.1.

8) В качестве объектов исследования Кырмызы Сериковной были выбраны тонконог тонкий (*Koeleria gracilis* Pers.) и ковыль волосовидный (*Stipa capillata* L.). В литературном обзоре упоминаются также исследования *K. cristata* (Янкаускас и др., 2016), произрастающего на территории СИП. И это не другой вид, а синоним *K. gracilis* Pers. Однако современная номенклатура данного таксона предлагает использовать название тонконог крупноцветковый – *K. macrantha* (Ledeb.) Schult. По данным PLANTARIUM (<https://www.plantarium.ru/page/view/item/21699.html>) и GBIF (<https://www.gbif.org/ru/species/2705914/metrics>) *K. cristata* (L.)

Pers. и *K. gracilis* Pers. введены в ранг синонимов к основному видовому названию. Это замечание можно учесть при дальнейших исследованиях.

9) Для объектов исследования не приводятся важные характеристики, имеющие непосредственное отношение к теме диссертационного исследования: ploидность генома, число хромосом, размер и масса семян, радиочувствительность видов, иные биологические особенности, такие как способ размножения растений и способ опыления. От последних характеристик будет напрямую зависеть расстояние, на котором следует отбирать образцы для изучения индивидуальных особенностей накопления радионуклидов и цитогенетических эффектов.

10) Не ясно, почему при анализе проб растений с низким содержанием  $^{90}\text{Sr}$  вместо радиохимического метода использовали  $\beta$ -спектрометрический метод. В диссертации не указано, кем были проведены аналитические работы.

11) Не совсем понятно, что подразумевается под понятием «точка», когда речь идет о цитогенетических нарушениях. Что считали единицей измерений: одно растение (= одна точка)? Если нет, то, сколько растений собирали в одной точке?

12) В подразделе 3.1 данные таблицы 4 дублируются в тексте.

13) Часть текста о числе просмотренных клеток у тонконога из п. 3.4.1 можно перенести в методику. Часть текста со стр. 72 «В ходе цитогенетического анализа...» логичнее было бы разместить в начале пункта. Аналогичные замечания касаются и ковыля.

14) Какой период времени считали сезоном для оценки мощности поглощенной дозы? Как формируется дозовая нагрузка в зимний период?

15) Поскольку в диссертационной работе после результатов располагается глава с обсуждением, за ней следует заключение и выводы, то одна и та же информация повторяется многократно, пусть и в сокращенном виде. Сравнительная таблица по 9 описанным параметрам для двух изученных видов была бы весьма кстати.

16) В диссертации встречаются незначительные грамматические и синтаксические опечатки, длинные тире, разорванные абзацы.

17) В списке литературы порядка 17 цитируемых источников не являются оригинальными, а представляют собой учебники, учебные и учебно-методические пособия.

18) Названия таблиц в приложении можно было сформулировать более подробно. Например, в название таблиц 14-17 необходимо добавить фразу о надземной массе. Отмечу также, что мощность поглощенной дозы не может быть в каком-то объекте, как

это указано в таблицах 18 и 19. Правильнее написать «мощность поглощенной дозы тонконога или ковыля».

Замечания, отраженные в отзыве, ни в коей мере не умаляют значимости работы и не влияют на выводы и защищаемые положения. Они могут быть учтены в ходе дальнейших исследований.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация Минкеновой Кырмызы Сериковны «Цитогенетические эффекты в популяциях *Koeleria gracilis* Pers. и *Stipa capillata* L. с площадки Семипалатинского полигона, где испытывали боевые радиоактивные вещества», представленная на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.1. Радиобиология, является актуальной завершенной научно-квалификационной работой, которая основана на обширном фактическом материале, собранном непосредственно соискателем, содержит новые научные знания, расширяющие представления о радиочувствительности видов и имеющие важное значение для развития радиобиологии. Диссертационная работа соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» (п.п. 9-14), утвержденным постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Минкенова Кырмызы Сериковна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.1. Радиобиология.

Оппонент – Антонова Елена Валерьевна

Старший научный сотрудник лаборатории популяционной радиобиологии Института экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук,  
кандидат биологических наук

620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, д. 202

Тел.: +7 (343) 210 38 58 (+1118)

+7 902 265 11 95

E-mail: [selena@ipae.uran.ru](mailto:selena@ipae.uran.ru)

Страница в интернете: <https://ipae.uran.ru/user/11>



7 декабря 2023 г.

Подпись Антоновой Елены Валерьевны заверяю

Ученый секретарь Института экологии растений и животных УрО РАН

кандидат биологических наук Городилова Юлия Владимировна

