

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ БИОТЫ ПОВЫШЕННЫХ УРОВНЕЙ ТЕХНОГЕННОГО РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

А. И. Таскаев, В. Г. Зайнуллин, А. Г. Кудяшева

Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, Сыктывкар, РФ,
kud@ib.komisc.ru

Во всех компонентах изученных экосистем в Чернобыльской зоне отчуждения в 1986–1993 гг. у отдельных представителей флоры и фауны обнаружена высокая поражаемость различных систем организма, наряду с относительной устойчивостью самих популяций растений и животных к действию радиоактивного загрязнения.

Ключевые слова: 30-км зона, Чернобыльская АЭС, биота, последствия

Основная цель развернутых радиоэкологических исследований в 30-километровой зоне аварии на Чернобыльской АЭС заключалась в определении степени тяжести возможных лучевых эффектов и в прогнозе возможного радиационного поражения различных компонентов биогеоценозов в зависимости от формируемых поглощенных доз. Коллектив сотрудников Института биологии Коми НЦ УрО РАН в тесном сотрудничестве с коллегами из других Институтов России, Украины и Беларуси проводил комплексное изучение влияния радиоактивного загрязнения на отдельных представителях флоры и фауны. Наряду с научно-практическими исследованиями большое внимание уделяли разработке практических рекомендаций по ликвидации аварии и составлению прогнозов.

На 26 полигонах 30-километровой зоны аварии на Чернобыльской АЭС (1986–1993 гг.) проведено обследование популяций растений и животных, подвергшихся радиоактивному загрязнению. В основу мониторинга положен многолетний опыт и методические разработки сотрудников отдела радиоэкологии по изучению северных биогеоценозов на территории с повышенным уровнем естественной радиоактивности [1, 2]. Исследования проводили в весенние и осенние периоды (май, август–сентябрь) в Чернобыльской зоне отчуждения (ЧЗО) АЭС на мышевидных грызунах 5 видов, на участках с разным уровнем радиоактивного загрязнения и в пригородах г. Киева на территориях с нормальным радиационным фоном, а также почвенных беспозвоночных, древесных хвойных породах, дикорастущих травянистых растениях. Выбранные стационарные участки в ЧЗО по мощности дозы внешнего γ -излучения отличались друг от друга на 4 порядка (0,05 до 200,00 мР/ч (в сентябре 1986 г) соответственно) и условно разделены на участки сильного, среднего и слабого загрязнения. Наиболее представительными животными на исследуемых участках были растительноядные виды грызунов: полевки (рыжая европейская – *Clethrionomys glareolus* Schreb., обыкновенная – *Microtus arvalis* Pall. и эконолка – *Microtus oeconomus* Pall.) и мыши (полевая – *Apodemus agrarius* Pall., желтогорлая – *Apodemus flavicollis* sMelchior). Видовой состав и численность зверьков на участках определялись характером биотопа, величиной занимаемой площади и ландшафтными особенностями. Обследовано более 4000 животных трех возрастных групп (неполовозрелые, половозрелые сеголетки, перезимовавшие животные). Оценка состояния организма мелких грызунов, растений проведена с использова-

нием экологических, морфофизиологических, гематологических, цитогенетических, биохимических, биофизических методов [3, 4].

Мониторинг за состоянием семенного воспроизводства в популяциях 20 видов травянистых растений естественных сообществ лугового типа и запущенных агроценозов как однолетних, так и многолетних показал, что у основной массы обследованных видов не выявлено сколько-либо ощутимых сдвигов в уровне популяционной изменчивости. Исключение составил подорожник ланцетолистный (*Plantago lanceolata* L.), у которого на наиболее загрязненных местах произрастания уже через 2 года после аварии (к 1988 г.) наблюдали тенденцию к снижению продуктивности. Признаки угнетения в репродуктивной сфере отмечены также у фиалки утренней (*Viola matutina* Klok), произрастающей в зоне топливных выпадений, особенно в 1987–1988 гг., когда уровень стерильной пыльцы здесь более чем в 2 раза превысил таковой у растений, произрастающих на относительно чистой территории. Наблюдаемые изменения обусловили сильное снижение численности этих двух видов, вплоть до почти полного исчезновения в наиболее загрязненных пунктах [5].

В районе аварии на Чернобыльской АЭС в 1986–1992 гг. проводили комплексное исследование морфогенеза вегетативных органов, динамики ростовых процессов анатомии и ультраструктуры хвои репродуктивной сферы сосны обыкновенной и ели европейской при поглощенных дозах от 1–2 Гр до 120–140 Гр. В поставарийном периоде в реакции сосновых насаждений на радиационное воздействие выделены 4 этапа. Облучение сосны, ели и ряда лиственных пород вызвало в 1986 и 1987 гг. образование многочисленных радиоморфозов. Наиболее часто они встречались на участках, расположенных вблизи границ средней и сублетальной зон. В динамике их образования можно выделить 3 «волны». Образование радиоморфозов несет определенную функциональную нагрузку, направленную на восстановление и стабилизацию метаболизма у пораженных растений. Наиболее радиочувствительным видом является ель европейская. У отдельных деревьев сосны, облученных в молодом возрасте в дозе 4–5 Гр, в течение 15 лет происходила ежегодная смена верхушечного побега, в результате чего образовались сосны с ложно-дихотомическим ветвлением, без главного ствола, что отмечали и 21 год спустя после аварии (2007 г.). Полученные данные позволяют заключить, что степень радиационного воздействия на хвойные растения во многом зависит от биологического возраста, т. е. от фазы (стадии) онтогенеза, на которой находятся облученные растения. Наиболее чувствительными являются эмбриональная и ювенильные фазы. Полученные данные по динамике приростов древесины по радиусу ствола и биометрии вегетативных побегов позволяют заключить, что радиоустойчивость сосны с возрастом повышается (однако это не относится к старым перестойным насаждениям). При этом повсеместно проявлялась генетически обусловленная индивидуальная изменчивость по радиоустойчивости. Как правило, чем выше доза (в пределах средних и сублетальных величин), тем интенсивнее индивидуальная изменчивость [6]. Установленные морфофункциональные закономерности в реакции хвойных растений на облучение позволили предложить гипотетическую схему этапов прохождения репарационных процессов и дать прогноз общего состояния и устойчивости лесов в зоне аварии. С помощью разработанного оригинального метода биологической дозиметрии возможно проводить ретроспективную оценку мощности поглощенных доз путем построения дендрошкал. Представлены рекомендации для наиболее эффективного способа экологической рекультивации 30-км зоны путем реконструкции поврежденных лесов и лесопосадки. Основной концепцией ведения лесного хозяйства в зоне отчуждения является

стабилизация радиоэкологической обстановки и предотвращения выноса радионуклидов из лесопокрытых площадей. Несмотря на высокую радиочувствительность доминантной лесообразующей породы – сосны обыкновенной, – природные лесные экосистемы проявили довольно высокую устойчивость к радиационному воздействию и успешное прохождение восстановительных процессов, в сравнительно короткий послеварийный период. Каких-либо необратимых последствий для биологического разнообразия в лесных биогеоценозах не установлено, практически из флоры ЧЗО не исчез ни один вид, хотя об отдаленных генетических последствиях Чернобыльской катастрофы судить еще рано [6].

Из многочисленных видов животных использованы мышевидные грызуны как наиболее тесно контактирующие с почвенным и растительным покровом в условиях радиоактивного загрязнения среды их обитания. Проведенный мониторинг за состоянием популяций мелких грызунов в ЧЗО показал, что у отдельных представителей фауны обнаружена высокая поражаемость различных систем организма. Если у животных с контрольных (фоновых) участков изменчивость исследуемых параметров разных систем организма связана с исходным состоянием, сменой фазы популяционного цикла, а их вариабельность зависит от физиологического состояния, пола и возраста зверьков, то для животных с радиоактивных участков значительные изменения в разных тканях имеют явно выраженную радиационную природу. Установлены существенные изменения популяционных характеристик, морфофизиологических изменений в системе крови, нарушения в морфологии органов эндокринной системы, клеточных систем регуляции перекисного окисления липидов, энергетического обмена у мышевидных грызунов из ЧЗО, что ранее было выявлено у полевок, обитающих на территориях с повышенным уровнем естественной радиоактивности в Республике Коми [3, 7–9]. Анализ полученного экспериментального материала позволяет обнаружить существенные различия в изменениях исследуемых показателей в тканях животных при длительном воздействии радиации малой мощности в зоне аварии по сравнению с эффектами острого облучения. К наиболее важным особенностям ответных реакций, отмеченных у животных в условиях хронического действия ионизирующей радиации низкой интенсивности в ЧЗО, можно отнести следующие: отсутствие линейной зависимости исследуемых параметров от уровня радиоактивного загрязнения; расширение пределов варьирования показателей и высокая гетерогенность ответных реакций; существенный вклад внутрипопуляционных процессов; нарушение в отдельных случаях синхронности смен фаз популяционных циклов; зависимость величины и знака эффекта от исходного состояния параметров; изменение половозрастной структуры популяций животных; дисбаланс межсистемных отношений в органах эндокринной системы; нарушение взаимосвязей между скоординированными в норме параметрами перекисного окисления липидов и энергетического обмена.

Оценка последствий радиоактивного загрязнения в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС в первый поставарийный период (1986–1993 гг.) показала, что во всех компонентах изученных экосистем у отдельных представителей флоры и фауны обнаружена высокая поражаемость различных систем организма наряду с относительной устойчивостью самих популяций растений и животных к действию радиоактивного загрязнения. Вследствие нарушений, происходящих в различных системах организма животных и растений, в дальнейшем возможны качественные изменения самих популяций, обеспечивающие их выживание и поддержание гомеостаза в изменившихся условиях радиоактивного загрязнения среды.

Благодарности. Работа выполнена при частичной поддержке проекта Президиума УрО РАН №15-2-4-26.

1. Маслова К. И., Материй Л. Д., Ермакова О. В., Таскаев А. И. Атлас патоморфологических изменений у полевок-экономок из очагов локального радиоактивного загрязнения. СПб.: Наука, 1994. 192 с.
2. Кудяшева А. Г., Шишкина Л. Н., Шевченко О. Г., Башлыкова Л. А., Загорская Н. Г. Биологические эффекты радиоактивного загрязнения в популяциях мышевидных грызунов. Екатеринбург: УрО РАН. 2004. 214 с.
3. Кудяшева А. Г., Шишкина Л. Н., Загорская Н. Г., Таскаев А. И. Биохимические механизмы радиационного поражения природных популяций мышевидных грызунов. СПб.: Наука. 1997. 156 с.
4. Маслова К. И., Материй Л. Д., Ермакова О. В., Таскаев А. И. Атлас патоморфологических изменений у полевок-экономок из очагов локального радиоактивного загрязнения. СПб.: Наука, 1994. 192 с.
5. Фролова Н. П., Попова О. Н., Таскаев А. И., Фролов Ю. М. Мониторинг природной популяции *Plantago lanceolata* L. в 30-километровой зоне ЧАЭС. Сыктывкар, 1989. – 48 с. (Сер. Науч. докл. / Коми НЦ УрО АН СССР).
6. Козубов Г. М., Таскаев А. И. Радиобиологические исследования хвойных в районе Чернобыльской катастрофы (1986-2001 гг.). М.: ИПЦ «Дизайн». Информационная картография, 2002. 272 с.
7. Материй Л. Д., Ермакова О. В., Таскаев А. И. Морфофункциональная оценка состояния организма мелких млекопитающих в радиэкологических исследованиях (на примере полевки-экономки). Сыктывкар, 2003. 164 с.
8. Таскаев А. И., Башлыкова Л. А., Зайнуллин В. Г. Эколого-генетический мониторинг мышевидных грызунов из популяций, подвергшихся хроническому облучению // Радиационная биология. Радиоэкология. 2010. Т. 50. № 5. С. 560–571.
9. Shishkina L. N., Kudyasheva A. G., Zagorskaya N. G., Shevchenko O. G., Taskaev A. I. Participation of the Lipid Peroxidation Processes in Mechanism of the Wild Rodent Adaptation to Radioactive Contamination of the Chernobyl NPP Zone. / The Lessons of Chernobyl: 25 Years Later. / Eds. Elena B. Burlakova and Valeria I. Naidich. Nova Science Publishers: New York, 2012. P. 187–208.

BIOLOGICAL EFFECTS ON THE BIOTA OF TECHNOGENIC ELEVATED LEVELS OF RADIOACTIVE CONTAMINATION

A. I. Taskaev, V. G. Zaunullin, A. G. Kudyasheva

Institute of Biology of Komi Scientific Centre of Ural Branch of RAS, Syktyvkar, RF,
kud@ib.komisc.ru

All the components of the studied ecosystems in the Chernobyl exclusion zone in 1986–1993 from individual representatives of flora and fauna found high susceptibility of the various systems of the body, along with the relative stability of populations of plants and animals to the action of radioactive contamination.

Key words: 30 km area, Chernobyl, biota, consequences