

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ БИОФИЗИКИ»
ФЕДЕРАЛЬНОГО МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОГО АГЕНТСТВА**



АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Материалы юбилейной конференции,
посвященной 70-летию ФГБУН «Южно-Уральский институт биофизики»
ФМБА России

Озерск,
10-13 октября 2023 года

УДК 621.039
ББК 68.69я43
А43

А43 Актуальные вопросы радиационной безопасности: Сб. материалов юбилейной научной-практической конференции «Актуальные вопросы радиационной безопасности», посвященной 70-летию Южно-уральского института биофизики / Под общ. ред. к.б.н. С.А. Романова, д.м.н. М.Э. Сокольниковой. – М.: Издательство «Перо», 2023. – Мб [Электронный ресурс]

ISBN 978-5-00218-774-4

Сборник подготовлен по материалам юбилейной научной-практической конференции «Актуальные вопросы радиационной безопасности», посвященной 70-летию Южно-уральского института биофизики, проходившей 10-13 октября 2023 года в г. Озерске Челябинской области.

В сборнике представлены тезисы докладов ученых и специалистов по направлениям «Биофизические исследования. Обеспечение радиационной безопасности предприятий ядерно-энергетического комплекса», «Отдаленные последствия ионизирующих излучений», «Радиобиологические основы патогенеза и лечения последствий ионизирующих излучений», «Радиоэкология».

Поступившие материалы публикуются по текстам, представленным авторами. Составители выражают благодарность всем авторам за предоставленные доклады.

Издание представляет интерес для научных работников и практических специалистов в области дозиметрии, радиационной безопасности, а также радиационной медицины, биологии и экологии.

Конференция организована при поддержке ФМБА России.

УДК 621.039
ББК 68.69я43

ISBN 978-5-00218-774-4

© ФГБУН ЮУрИБФ ФМБА России, 2023

4. Радиоэкология

Дендроиндикация последствий Кыштымской аварии методами дендрохронологии и цифровой анатомии древесины

М.В. Модоров, В.В. Кукарских, А.В. Комарова, В.А. Бессонова

ФГБУН «Институт экологии растений и животных» УрО РАН, Екатеринбург
mmodorov@gmail.com

Регистрирующие структуры древесных растений позволяют детектировать климатические сигналы, датировать взрывы сверхновых звезд, происходившие сотни лет назад, уточнять исторические ареалы животных и т.д. (Büntgen et al., 2018; Hantemirov et al., 2022; Косинцев и др., 2022). В ряде работ было показано, что они также могут быть использованы в радиоэкологическом мониторинге. Как правило, авторы ищут связь между уровнем радиоактивного загрязнения территории и шириной годовых колец, а также характеристиками анатомии древесины (Holiaka et al., 2020; Kukarskih et al., 2021; Netsvetov et al., 2023). Помимо этого, получили развитие исследования, в которых для мониторинга выбросов АЭС проводят анализ изотопов углерода, депонированных в годовых кольцах древесины (Nazarov et al., 2022).

Кыштымская авария, произошедшая в сентябре 1957 года, привела к попаданию в природные экосистемы около $7.4E+16$ Бк радиоактивных веществ, значительная часть которых осела в районе взрыва. Загрязненная территория получила название Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС). Наиболее заметной реакцией биоценозов в первые годы после Кыштымской аварии стала гибель сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) на площади около 50 км^2 , а также заметное угнетение роста сосны на площади около 80 км^2 (Алексахин и др., 2004). Ранее нами было показано, что в настоящее время в зоне ВУРСа присутствуют сосны старше 1950 года рождения, уменьшение прироста годовых колец которых в период с 1959 по 1962 годы в явном виде демонстрирует реакцию на аварию 1957 года (Kukarskih et al., 2021). По-видимому, эти сосны, а также березы ВУРСа, являются последними элементами природных экосистем, несущими информацию о реакции биоты в начальный период после Кыштымской аварии. В докладе мы рассмотрим биологические маркеры древесных растений, которые могут быть индикаторами радиоактивного загрязнения биоценозов. Для этого нами были изучены несколько десятков переживших Кыштымскую аварию деревьев сосны обыкновенной.

Керны с деревьев были отобраны в 2021-2023 годах на удалении около 5-10 км от места Кыштымской аварии на участке с современным уровнем загрязнения почвы стронцием-90 около $1-6 \text{ МБк/м}^2$ (участок «Impact2» в работе Kukarskih et al., 2021). С одной стороны этот участок, по-видимому, граничит с зоной летальных дозовых нагрузок, на что указывает значительное снижение прироста растущих здесь деревьев в начальный период после Кыштымской аварии. Ширина участка составляет около 500 м. Для косвенной оценки уровня загрязнения почвы в месте отбора образцов, у каждого дерева с использованием блока детектирования БДПБ-01 (Атомтех, Беларусь) в трех точках проводили измерения плотности потока бета-частиц на уровне почвы. В качестве контрольной группы использовали деревья, растущие вблизи ВУРСа на участке с современным уровнем загрязнения почвы стронцием-90 около 39 кБк/м^2 . В условиях лаборатории с использованием стандартных методов дендрохронологии с точностью до 0.01 мм определяли ширину годовых колец древесины (Шиятов и др., 2001). Для устранения эффекта возраста дерева данные индексировали. Кроме этого, на сканированных изображениях с микропрепаратов анатомических срезов древесины определяли толщину клеточных стенок, площадь люмена (пространства клетки, ранее занятого цитоплазмой, ядром и вакуолями), а также размеры клеток.

Проведенный анализ показал наличие линейной связи между индексом ширины древесных колец, образованных в период с 1959 по 1966 годы и плотностью потока бета-

частиц в месте роста дерева. При этом на части исследованного участка, наиболее удаленного от оси ВУРСа, уровень прироста годичных колец древесины был сопоставим со значениями, отмеченными для деревьев контрольной группы. С одной стороны, это свидетельствует о возможности использования показателя ширины годичных колец древесины для индикации сильного аэрального радиоактивного загрязнения, с другой, на крайне узкий диапазон дозовых нагрузок, для которого подобная индикация возможна. Так ширина зоны ВУРСа между местом, в котором сохранились пережившие Кыштымскую аварию сосны и зоной регистрации «биологического эффекта» составляет не более 500 метров. Результаты дендроиндикации с использованием методов цифровой анатомии древесины будут представлены в докладе.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-27-00467, <https://rscf.ru/project/23-27-00467/>.