

замкнутых и слабопроточных водных системах озерного типа происходит и будет происходить в дальнейшем сток радионуклидов с территорий водосборов в котловины водоемов, где они концентрируются в донных отложениях, которые, вместе с водной биотой, вносят основной вклад в общую радиоактивность как замкнутых (озера, пруды, водохранилища), так и проточных (реки, каналы) водных экосистем.

Заключение. Из пищевой продукции лесных массивов Полесья наиболее загрязнены грибы (масленок, польский гриб, груздь, зеленка, волнушка) и ягоды (черника, голубика, клюква, земляника). Содержание в них цезия-137 превышает допустимые нормативы даже на территориях с незначительной плотностью загрязнения почвы. Поэтому все дары леса должны проходить радиологический контроль на доброкачественность.

Литература: 1. *15 лет после чернобыльской катастрофы: последствия в Республике Беларусь и их преодоление. Национальный доклад.* – Мн.: – 2001. 2. *Елиашевич Н.В., Мацко Ц.П. Верховые болота как радионуклидные миграционные аномалии.* – *Природнае асяроддзе Полесья: сучасны стан і яго змены.* – Брэст, 2002. – С. 326–328. 3. *Ливенский В.М., Судас А.С. Программно-целевое управление природно-антропогенными системами загрязненных радионуклидами территорий.* – Брест, 2002. – С. 466–468. 4. *Лукашов К.И., Комракова С.Г. Ландшафтно-геохимические исследования в Белорусской ССР в связи с эндемическим зобом // Известия ВГО.* – 1986. – 118. Вып. 1. – С. 75–83. 5. *Чернобыль. Погляд праздзесьцігоддзе: Даведнік.* Мн.: БелЭн, 1996. – 318 с.

УДК 619:615.849

ЧЕВЕРОВА Т.В., НЕБОРСКАЯ Е.А., студенты

Научный руководитель **КЛИМЕНКОВ К.П.,** канд. вет. наук, доцент.

УО «Витебская ордена «Знак почета» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Республика Беларусь

АДАПТАЦИЯ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОЙ РАДИАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ

Введение. Ученые десятилетиями изучали антропогенные ядерные катастрофы, такие как трагедии, на Чернобыльской АЭС и Фукусима, чтобы понять влияние радиации на живые организмы: бактерии и грибы, а также лягушек, птиц и млекопитающих. Исследуемые животные в ряде случаев не только выживают в суровых условиях радиоактивного загрязнения территории, но успешно размножаются. Ответы на эти вопросы могут помочь в разработке защитных стратегий от будущих ядерных катастроф, лучшем понимании этиологии и патогенеза злокачественных новообразований и дальнейшем поиске лечения.

Материалы и методы исследования. Анализ данных и изучение литературных источников.

Результаты исследования. Для человечества важно понимать, какое ионизирующее (радиоактивное) излучение способно навредить, а какое нет. Высокие дозы ионизирующего излучения, воздействующие в течение короткого периода времени, такие как те, которые пережили жертвы и работники по ликвидации в Чернобыле, вызывают острую лучевую болезнь и смерть в течение нескольких дней. В исследованиях жертв атомных бомбардировок в Хиросиме и Нагасаки были выявлены сотни тысяч жертв и ряд заболеваний, включая катаракту, рак, расстройства в нейроразвитии и многое другое.

После аварий уровень радиации медленно снижался по мере распада радиоактивных материалов. Животные вернулись в заброшенную местность и процветали в отсутствие людей. Ученые начали рассматривать вопрос о том, было ли влияние человека на дикую природу хуже, чем радиация, что является достаточно спорным вопросом.

Известно, что популяции могут вырабатывать адаптивный ответ к мутационному давлению среды при постоянном действии небольших доз радиации в течение нескольких поколений. Постоянное воздействие радионуклидов ведет к повреждению и разрыву цепей ДНК и повышает вероятность мутаций (полиморфизм нуклеотидов, делеции и т.д.) в соматических и половых клетках организма. Участие в защите организма от таких воздействий принимает антиоксидантная система, блокирующая образование высокоактивных свободных радикалов.

Очевидно, что радиация чрезвычайно вредна для живых существ. Ученые Тим Муссо и Андерс Меллер представили множество исследовательских работ, показывающих картину снижения видового разнообразия животных, при этом виды в зоне радиоактивных осадков имеют больше генетических мутаций и меньший размер мозга. Задokumentированы потери биоразнообразия насекомых, птиц и почвенных беспозвоночных.

В то же время Полина Волкова, изучая воздействие радиации на растения, рисует другую картину. В Чернобыльской зоне отчуждения обитает множество видов крупных млекопитающих, включая лосей, оленей, волков, зубров и других животных, что говорит о богатстве флоры и фауны в этом районе. Обе стороны, похоже, согласны с тем, что существует широкий спектр реакций на радиацию, и живые существа имеют большие различия в своих реакциях. Существует огромная разница в толерантности к радиации у разных живых организмов (наиболее чувствительны к действию радиации млекопитающие). Что касается радиорезистентности, можно ожидать, что долгоживущие организмы разработают стратегии для смягчения последствий хронического облучения.

Самыми известными примерами «радионепроницаемых» организмов являются бактерии и грибы.

Ученые из университета Висконсина впервые продемонстрировали устойчивость бактерий в экспериментах, проведенных почти два десятилетия назад. Они взяли почву из пустыни Сонора и из болота в Луизиане. Позже подвергли оба образца воздействию высоких доз ионизирующего излучения, и почвенные бактерии из пустыни Соноры выжили.

Это объясняется тем, что пустынные бактерии эволюционировали, чтобы перейти в состояние при котором возможно существование в чрезвычайно суровых и сухих местах пустыни. Во время покоя бактерии пустыни получают повреждения ДНК, но когда идет дождь, бактерии должны быстро восстановить повреждение ДНК и размножиться, пока могут. Способность к быстрому восстановлению и воспроизведением наделила их дополнительными радиационно-устойчивыми возможностями.

Есть также некоторые грибы, которые не только выживают в радиоактивной среде, но даже, по-видимому, используют радиацию в качестве источника энергии в процессе, известном как радиосинтез. Эти грибы содержат меланин, который, по-видимому, оказывает защитное действие от радиационного повреждения. Даже растения показали некоторую адаптацию. Березовая пыльца и семена примулы, собранные в загрязненных районах вокруг Чернобыля, показали улучшенные системы восстановления ДНК после аварии.

Исследование 2016 года показывает, что восточные квакши (*Hyla orientalis*) обычно имеют зеленую окраску, однако в Чернобыльской зоне отчуждения преобладают лягушки черной окраски. Известно, что меланин, отвечающий за темную окраску, помогает снизить негативное воздействие ультрафиолетовых лучей. Ученые предполагают, что меланин поглощает часть радиоактивной энергии, также меланин может нейтрализовывать ионизированные молекулы внутри клетки.

В исследованиях птиц и мелких млекопитающих были обнаружены виды с повышенным содержанием антиоксидантов, которые нейтрализуют окислительный ущерб, вызванный свободными радикалами и радиацией. Одним из примеров этого защитного механизма являются небольшие грызуны – рыжие полевки, которые распространены во всей Чернобыльской области.

В исследовании, опубликованном в 2018 году, ученые изучили клетки рыжих полевок, обитающих на Чернобыльской АЭС, где уровни фонового излучения в 100 раз выше, чем в незагрязненных районах. Ученые взяли образцы клеток кожи из чернобыльских грызунов и у тех, кто живет в незагрязненной области. Они подвергли образцы клеток дозе гамма-излучения 10 Гр. Как правило, от 4 до 5 Гр гамма-излучения за короткий период времени смертельно опасны для человека.

Исследователи обнаружили, что клетки кожи чернобыльских рыжих полевок могли поддерживать более высокие дозы и, в среднем, имели более высокий уровень антиоксидантов. Позже они протестировали клетки с тремя препаратами, нанося ущерб ДНК, и обнаружили, что клетки чернобыльских полевок обладали почти вдвое большей антиоксидантной способностью, чем контрольные клетки.

Анализируя ДНК 302 собак, ученые из Университета Южной Каролины под руководством Тима Муссо, обнаружили значимые генетические различия у животных, живущих непосредственно на загрязненной территории, по сравнению с теми, кто живет в 15 километрах в незагрязненных районах. Результаты позволяют предполагать долгосрочные последствия радиации для

организма, показывая, что повышенная радиация могла повлиять на их физиологию, эволюцию и многое другое.

Заключение. Многолетние исследования животных в Чернобыльской зоне отчуждения показывают наличие адаптивных механизмов, отличающих эти организмы от животных, обитающих в местах с нормальным радиационным фоном. Существует вероятность того, что ученые смогут найти и другие аспекты физиологии живых организмов, которые обеспечивают защиту от действия радиоактивного излучения, что даст более точное понимание действия радиации на живой организм. Необходимо продолжать исследования животных и растений в регионе.

Литература: 1. Moller AP, Mousseau TA. Strong effects of ionizing radiation from Chernobyl on mutation rates. *Sci Rep.* 2015;5:8363. 2. Chesser RK, Bondarkov M, Baker RJ, Wickliffe JK, Rodgers BE. Reconstruction of radioactive plume characteristics along Chernobyl's western trace. *J Environ Radioact.* 2004;71:147–57. 3. Захаров В. Крысанов.Е. Последствия Чернобыльской катастрофы, Центр экол. политики России. М.. 1996, 169 с. Рус. RU. ISBN 5-88587-020-9 4. Ionizing radiation and melanism in Chernobyl tree frogs. Pablo Burraco, German Orizaola, 2022, *Evolutionary Applications* 15(9) 5. Yablokov AV, Nesterenko VB, Nesterenko AV. Consequences of the Chernobyl catastrophe for the environment. *Ann N Y Acad Sci.* 2009;1181:221–2.