

РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДЫ И ЛЕСНЫХ БИОГЕОЦЕНОЗОВ И СВЯЗАННАЯ С ЭТИМ ОПАСНОСТЬ

The article shows data on radioactive contamination of water and forest biogeocenosis. Radioactive effect on growth and development of forest and grass is shown. It is noted that the Chernobyl tragedy resulted in pollution of about 25% of forests with radionuclides. Cesium-137 and strontium-90 are found in the rivers and water reservoirs on the polluted territories. The article pays special attention to dangers of contaminated areas to human inhabitation.

Введение. Катастрофа на Чернобыльской АЭС стала самой страшной за весь период существования атомной энергетики для населения не только бывшего СССР, но и других стран Европы. В результате катастрофы 23% территории Беларуси оказались загрязненными выброшенными из поврежденного реактора радионуклидами. Несмотря на процессы физического распада цезия-137 и стронция-90, загрязнение этими радионуклидами воды и лесных биогеоценозов продолжает оставаться высоким. И это несмотря на те титанические усилия, которые были направлены на снижение радиационной нагрузки. За весь период была дезактивирована территория площадью 140 млн. м². С учетом неоднократной обработки дезактивировано более 500 населенных пунктов, около 10 тыс. км дорог. Локализовано радиоактивное загрязнение местности на площади 25 тыс. га, вывезено и захоронено 374 тыс. м³ грунта.

В результате аварии в зоне радиоактивного загрязнения оказалось около 1,73 млн. га лесов или 25% лесных угодий республики. В первые дни после аварии на ЧАЭС около 80% всех радиоактивных осадков на лесные площади было задержано надземными частями древесных растений и около 20% осело на напочвенный покров и водную поверхность. В конце лета 1986 г. в надземной фитомассе осталось 13–15% общего количества выпавших радионуклидов. Начиная с 1988 г., на фоне продолжающегося самоочищения крон отмечается усиление корневого поступления в древесину и кору древесных пород.

Основная часть. В настоящее время в качестве основного радиоактивного загрязнения выступает цезий-137. По данным исследований [1, 2] по накопительной способности этого элемента в порядке убывания выступают: береза, осина, дуб, сосна, ольха, ель. Береза поглощает из почвы цезия-137 в 2–18 раз, а стронция-90 в 13 раз больше, чем сосна. Молодые насаждения в 2–3 раза больше накапливают радионуклидов, чем спелые.

Результаты прогноза показывают, что загрязнение леса будет нарастать и основным механизмом перехода радионуклидов в древесной среде явится корневое поступление. В ближай-

шие 10–15 лет надземная фитомасса, в частности 30-летних сосняков, накопит до 10–15% от общего запаса цезия-137 в лесных массивах [3].

В зависимости от почвенно-ландшафтных условий и уровня увлажнения травянистые растения по разному накапливают радионуклиды, однако на лугах и болотах наибольшей способностью аккумулировать их обладают семейства осоковых, щавелевых, бобовых, злаковых.

Из пищевой продукции леса наиболее загрязнены грибы и ягоды (черника, клюква, земляника), содержание цезия-137 в которых превышает допустимые нормативы (грибы сушеные – 370 Бк/кг, ягоды – 185 Бк/кг) даже на территориях с незначительной плотностью загрязнения почвы – 37–100 кБк/м². Радиоактивное загрязнение лесной продукции, ограничивающее ее использование, следует ожидать и в последующие 30–40 лет на территориях с плотностью загрязнения 150 кБк/м² и выше.

Исследования качества семенной продукции и наследственных изменений в потомстве древесных пород показали, что в относительно жестких условиях радиоактивного загрязнения выживаемость семян сосны из радиоактивных территорий снижается. Падает их устойчивость к грибным болезням. Имеют место и аномальные явления: нетипичное ветвление пыльцевых трубок и образование вздутий. Генетический анализ семенного материала хвойных пород показывает, что даже на территориях с относительно небольшой плотностью загрязнения цезием-137 (около 1000–1500 кБк/м²) наблюдается увеличение более чем в два раза частоты мутаций.

При плотности загрязнения почв цезием-137 свыше 3700 кБк/м² отмечены аномалии в росте и развитии травянистых и кустарниковых видов – так называемые радиоморфозы. Морфологические отклонения у растений являются следствием нарушения процессов органогенеза, связанного с возникающими аномалиями деления клеток. При этом появляются следующие виды аномалий: искривления и опухолевые утолщения стеблей, асимметрия и курчавость листьев, усиление роста боковых побегов, карликовость, кустистость, гигантизм. У растений обнаруживаются нарушения и на

клеточном уровне – в делящихся клетках растений происходят разрывы хромосом.

Проводимый мониторинг природных популяций растений свидетельствует, что растительные комплексы в целом являются относительно устойчивыми к радиационному воздействию. Большинство представителей растительного мира на отчужденных территориях не претерпело существенных изменений [4].

Авария на Чернобыльской АЭС привела к радиоактивному загрязнению и больших водных территорий. Наибольшему загрязнению подверглись бассейны Днепра, Сожа, Припяти и в меньшей степени – Немана и Западной Двины [5].

В доаварийный период концентрации стронция-90 и цезия-137 в воде в р. Припяти составляли соответственно 0,0033–0,0185 Бк/м и 0,0066 Бк/л. В первые дни после аварии (период первичного аэрозольного загрязнения) суммарная бета-активность воды р. Припять в районе ЧАЭС превышала 3000 Бк/л и только к концу мая 1986 г. снизилась до 150–200 Бк/л. Максимальные концентрации плутония-239 в воде р. Припяти составляли 0,37 Бк/л.

В настоящее время наиболее высокое содержание стронция-90 (от 1,59 до 2,70 Бк/л) наблюдается в водах рек Брагинка, Желонь, Ротовка, Несвич, дренирующих территории с высокой плотностью радиоактивного загрязнения, а также в старицах р. Припяти на территории отселения.

Результаты радиационного мониторинга водных объектов свидетельствуют о значительном уменьшении среднегодовых концентраций цезия-137 в поверхностных водах рек.

В миграции цезия-137 в составе речного стока исключительно большую роль играет его перенос на твердых взвешках (от 10 до 35–40% общей переносимой активности). Во время паводков происходит увеличение удельной активности воды. Например, в р. Брагинке возле г. п. Брагин она в отдельные годы возрастала с 0,26 до 0,33 Бк/л по цезию-137 и с 0,09 до 0,17 Бк/л по стронцию-90. Синхронно возрастает и доля активности, связанная с твердыми взвешками. В отличие от цезия-137, большая часть стронция-90 (50–90%) мигрирует в растворенном состоянии.

Способность речных вод к самоочищению объясняется постоянной сменой масс воды, выпадением взвешенных радиоактивных частиц на дно водоемов и, частично, процессами сорбции находящихся в растворенном состоянии радионуклидов мелкодисперсными взвешенными и донными минералами и органическими веществами. Во время половодий происходит обратный процесс – перевод высокоактивных донных осадков во взвешенное состояние, что

приводит к многократному возрастанию радиоактивности речных вод.

Если для воды и, в меньшей степени, взвесей характерно со временем уменьшение содержания цезия-137 и стронция-90, то в донных отложениях и водной растительности имеет место повышение их концентрации. Так, уровни загрязнения донных отложений цезия-137 по руслу рек Беседь и Ипуть находится в пределах от 370 Бк/кг, а локальные уровни достигают более 70 000 Бк/кг.

Процесс радионуклидного загрязнения непроточных водоемов происходил, как и для рек, за счет аэрозольного выпадения на водную поверхность и смыва с площадей водосбора. Из-за ограниченного водообмена системы озерного типа к настоящему времени по уровню загрязнения пришли практически в равновесное состояние при выраженных сезонных колебаниях концентраций радионуклидов в воде и в растительных и животных организмах (биоте).

В озерах радионуклиды преимущественно сосредоточены в донных отложениях и биоте. Накопление радионуклидов в водной растительности с ежегодным ее отмиранием при отсутствии стока приводит к увеличению их аккумуляции в донных отложениях. Это обуславливает сохранение достаточно высокого уровня содержания радионуклидов в компонентах водных систем замкнутого типа. Например, концентрация цезия-137 в воде оз. Святского (Ветковский район Гомельской области) составляет 8,7 Бк/л и в биоте – 3,7 кБк/кг, а в одном из конечных звеньев озерных трофических цепей – рыбе – в зависимости от вида – 18,0–39,0 кБк/кг (сухой массы), что может при употреблении в пищу существенно увеличить дозовые нагрузки [5].

В отношении загрязнения грунтовых вод радионуклидами чернобыльского происхождения следует отметить, что фоновые («дочернобыльские») значения удельной активности воды по цезию-137 и стронцию-90 составляли тысячные доли Бк/л, но уже в 1987 г. было отмечено возрастание этих показателей.

В Нижне-Припятской зоне на территориях с плотностью загрязнения более 1480 кБк/м² удельная активность грунтовых вод достигала 3,0 Бк/л по цезию-137 и 0,7 Бк/л по стронцию-90. В зоне отчуждения концентрация радионуклидов составляла 3,0–5,0 Бк/л по цезию и 1,0–2,0 Бк/л по стронцию.

Анализ загрязнения подземных вод цезием-137 и стронцием-90 показывает, что концентрация радионуклидов в них имеет тенденцию к увеличению при возрастании плотности загрязнения почв и зависит от мощности и состава аэрации и других факторов. В зоне Нижне-Припятского бассейна содержание в под-

земных водах цезия-137 и стронция-90 составляло до катастрофы $3,7 \cdot 10^{-4}$ – $3,7 \cdot 10^{-3}$ Бк/л и $3,7 \cdot 10^{-4}$ – $1,85 \cdot 10^{-3}$ Бк/л, а в 1990–1996 гг. – 0,1–0,7 Бк/л и 0,01–0,07 Бк/л соответственно [5].

Основными факторами, определяющими в будущем загрязнение поверхностных вод, является поступление радионуклидов с площадей водосборов, а также процессы биологического круговорота в водных системах и дальнего руслового переноса. В силу этих причин и распада радионуклидов плотность радиоактивного загрязнения водотоков, а также водосборов будет постепенно снижаться. В процессе выноса цезия-137 и стронция-90 из прибрежных ландшафтов более четко проявится тенденция возрастания различий их поступлении в открытые водоемы за счет большей подвижности стронция. Менее загрязненные прибрежные территории вниз по течению могут дополнительно загрязняться радионуклидами благодаря вторичным процессам переноса, особенно проявляющимся во время обильных дождей, паводков и паводков. Для замкнутых и слабопроточных водных систем озерного типа и далее будет происходить сток радионуклидов с ближайших территорий в котлованы водоемов. Удельные активности поверхностных вод стабилизируются с колебаниями в периоды, связанные с экстремальными ситуациями (засухи, паводки, дожди).

Заключение. Как видим, радиационная обстановка в районах пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС вызывает вполне понятную обеспокоенность. Не опасно ли для здоровья людей проживание в зонах радиоактивного загрязнения? Не опасно ли для здоровья людей использование пищевой продукции леса (грибы, ягоды, березовый сок), употребление сельскохозяйственной продукции, полученной в загрязненных зонах, употребление рыбы из рек и водоемов?

Чтобы ответить на этот вопрос, стоит, на наш взгляд, обратить внимание на официальные данные Минздрава республики. В последнее десятилетие (1995–2006 г.) в Беларуси наибольший рост заболеваемости отмечается по следующим классам болезней: системы кровообращения (на 75,2%), новообразований (на 57,2%), врожденные аномалии (на 41,4%), ко-

стно-мышечной системы и соединительной ткани (на 35,2%). В прошлом году в Беларуси умерло более 138 тыс. человек, из них 1240 детей. Из-за рака ушли из жизни 18410 человек (в том числе 67 детей).

По данным Всемирной организации здравоохранения, Беларусь входит в число стран с самым высоким уровнем смертности в мире – 142 случая на тысячу населения. Это на 40% больше, чем в Польше. Средний белорус живет 69 лет, в том числе мужчины 63 года.

По данным этой организации на первом месте в мире по раку желудка – Япония, где были ядерные взрывы, на втором – Беларусь, пострадавшая от Чернобыля, на третьем – Россия, где проводились ядерные испытания.

Значит ли это, что заболеваемость связана с радиацией? На наш взгляд, да.

Литература

1. Переволоцкий, А. Н. Распределение цезия-137 и стронция-90 в лесных биогеоценозах / А. Н. Переволоцкий. – Гомель: Институт радиологии, 2006. – 255 с.
2. Чернушевич, Г. А. Исследование возможности использования древесного сырья, загрязненного радионуклидами для изготовления лесопроductии / Г. А. Чернушевич, В. В. Перетрухин, И. В. Турлай // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2006. – Вып. XIV. – С. 268–270.
3. Мартинович, Б. С. Роль различных типов лесных насаждений в распределении радионуклидов, выпавших в результате аварии на ЧАЭС / Б. С. Мартинович, Т. Н. Болотских // Респ. науч.-практ. конф. по радиобиологии и радиоэкологии, Минск, 20–21 дек. 1990 г. / Ин-т радиобиологии АН БССР. – Минск, 1990. – С. 8.
4. Лес. Человек. Чернобыль. Лесные экосистемы после аварии на Чернобыльской АЭС: состояние, прогноз, реакция населения, пути реабилитации / В. А. Ипатьев [и др.]; под ред. В. А. Ипатьева. – Гомель: ИЛ НАНБ, 1999. – 454 с.
5. Сивинцев, Ю. В. Чернобыль. Пять трудных лет: сб. материалов по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС в 1986–1990 гг. / Ю. В. Сивинцев, В. А. Качалов. – М., 1992.