

УДК 614.876

ПЕТРАКОВА А.Д., ШЕВЦОВА А.В., студенты

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

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

ПОСЛЕДСТВИЯ СБРОСА ВОДЫ С «ФУКУСИМЫ-1». ВЛИЯНИЕ ТРИТИЯ НА ОРГАНИЗМ

Введение. За период эксплуатации ядерных реакторов в мире произошло несколько крупных аварий на АЭС: Уиндскейл (Великобритания, 1957), Три-Майл-Айленд (США, 1979), Сант-Лаурент (Франция, 1980), Чернобыль (СССР, 1986), Фукусима (Япония, 2011).

11 марта 2011 года на японской атомной электростанции «Фукусима-1» произошла катастрофа: из-за землетрясения на побережье нахлынула волна цунами. У жителей было всего десять минут, чтобы скрыться. Сразу никто не погиб, но, по официальным данным правительства Японии, больше двух тысяч человек умерли преждевременно из-за стрессов и ненадлежащего ухода после облучения. Всего статус эвакуированных получили более 164 тысяч человек. Вода затопила подвалы АЭС. Станцию обесточило, и через четыре дня взорвались несколько энергоблоков. Раскалённые элементы охлаждали водой. «Отработанную» воду поместили в специальные резервуары для последующей очистки – в ней находятся радиоактивные изотопы.

Материалы и методы исследования. Основными материалами послужили данные по выбросу трития в результате аварии на АЭС «Фукусима-1», сведения о способах утилизации заражённой воды. Основные методы: наблюдение, изучение литературных источников, анализ.

Результаты исследования. Власти Японии рассматривали варианты, как утилизировать заражённую воду: одни учёные предлагали им глубокое геологическое захоронение, другие – выпаривание со сбросом пара в атмосферу, третьи – сброс в форме водорода. Четвёртые хотели смешать воду с цементом и закопать под землёй. Самым дешёвым и безопасным посчитали пятый вариант – контролируемый сброс воды в океан после очистки. Кубометр радиоактивной воды решили смешать с 1,2 тысячами морской воды и слить в Тихий океан. Подрядчиком выбрали японскую энергетическую компанию Tokyo Electric Power. Воду обещали очистить от радиоактивных изотопов трития, чтобы его содержание не превышало 1 500 беккерелей на литр. Это в сорок раз чище, чем предполагает международный стандарт по сбросу таких отходов в воду. В итоге вода получилась ещё чище: концентрация трития в ней – 63 беккереля на литр, это примерно в 952 раза меньше допустимого.

Решение сбрасывать воду окончательно приняли 22 августа 2023 года, после одобрения МАГАТЭ. «Эту воду вполне можно пить!» – заявил вице-премьер Японии Таро Асо. Сброс начали 24 августа. К концу марта 2024 года будет слито более 30 тысяч тонн жидкости, а сам процесс займёт около 30 лет.

Тритий – слаборадиоактивный изотоп водорода, и в концентрации ниже нормы не нанесёт серьёзного ущерба. К тому же, тритиевая вода – тяжелее обычной, она будет «тонуть» в океане. Малая концентрация трития не угрожает биоразнообразию в целом, но угрожает отдельным особям. Достаточно одной частицы, которая, попав в живой организм, приведёт к гибели или генетическим мутациям спустя поколение. Обозначается тритий ^3H . Ядро трития состоит из протона и двух нейтронов, его называют тритоном. Распад трития сопровождается β -излучением с низкой энергией частиц – 0,0186 МэВ. Бета-частицы имеют максимальный пробег в воздухе 6 мм, в биологических тканях – 6 мкм.

Природный тритий образуется в результате взаимодействия космических излучений с N, O и Ar в атмосфере. Глобальное содержание трития составляет $1,3 \cdot 10^{18}$ Бк. В Мировом океане его находится 65 % (800 г), в атмосфере около 8 %, на земле в континентальных водах в пределах 27 %. Около 99 % количества природного трития превращается в тритиевую воду ($^3\text{H}_2\text{O}$).

Искусственный тритий образуется при работе реакторов, при переработке отработанного топлива и при испытаниях ядерного оружия. В промышленных условиях тритий получают в результате облучения лития нейтронами. Общее количество трития поступившего в стратосферу при термоядерных взрывах до 1979 года составило от $1,2 \cdot 10^{20}$ Бк до $2,4 \cdot 10^{20}$ Бк, что значительно превысило содержание природного трития.

Тритий считается абсолютный органоген, без него невозможно физиологическое развитие живых организмов. Он включается практически во все реакции, присущие биогеохимическому циклу водорода.

Тритий опасен при попадании внутрь организма. При поступлении в организм с пищей, воздухом или через кожу быстро всасывается в кровь и равномерно распределяется в водной среде организма. Из организма выводится с мочой и потом. Средний период полувыведения 10 суток, но около 1 % трития устойчиво связывается с тканями. В организме тритий вызывает острые и отдаленные эффекты: угнетение кроветворения, геморрагический синдром, поражение половых органов и генетического аппарата, злокачественные новообразования, в частности лейкемии.

По данным специалистов, в настоящее время концентрация трития в океане достигла 10 тысяч беккерелей на литр и это нижняя граница уровня выявления, которая пока не опасна для людей и животных. Однако показатель говорит о тревожной динамике: до сброса воды с «Фукусимы» содержание трития было ниже указанной отметки. При этом норма концентрации для питьевой воды 10 тысяч беккерелей на литр. Через воду радиоактивный изотоп передается рыбам, а через них человеку. Попадая в организм человека, тритий вызывает генные мутации и рак, предупредили эксперты. Это было достоверно установлено еще в 30-е годы XX века. При этом, Японии предлагали установки, способные эффективно очищать воду от трития. Такие технологии, например, уже используют на АЭС в Южной Корее, Канаде и Румынии. Однако японские власти отказались от подобного дорогостоящего проекта.

Тритиевая вода – сверхтяжелая вода, получаемая путем ядерных реакций и концентрируемая несколькими методами: электролизом, термодиффузией и фракционной перегонкой. Она обладает особыми физическими свойствами, которые отличаются от параметров обычной воды: температура замерзания – 4-9 °С, температура кипения – 104 °С, плотность – 1,33 г/см³. Тритиевая вода имеет уникальное качество – не поглощается нейтроны, благодаря чему применяется в ядерных реакторах в качестве как теплоносителя, так тормозного соединения для нейтронов. Также ее активно применяют в виде изотопного индикатора при изучении химических, биологических и гидрологических процессов. Поступающая в организм тритиевая вода, почти полностью усваивается организмом и равномерно распределяется во всех органах и тканях. Спустя два часа содержание трития становится одинаковым в поте, крови, слюне, моче и выдыхаемом воздухе. Обладая радиоактивными свойствами, сверхтяжелая вода представляет серьезную угрозу для здоровья человека. По своей токсичности она превосходит газообразный тритий в 500 раз. Содержащийся в ней сверхтяжелый изотоп замещает водород в белках, жирах и углеводах.

Заключение. Несколько десятилетий назад уровень трития в воде составлял 1 Бк/л. Этот показатель принимался за норму для всех водных источников. Но после проведения испытаний термоядерного оружия и нескольких крупных техногенных катастроф, произошло 35-кратное увеличение концентрации трития в атмосфере. Проникая в цитоплазму клеток всех органов и тканей, он испускает бета-излучение, которое оказывает разрушающее действие, как на внутренние органы человека, так и на генетический материал половых клеток. У человека снижается обмен веществ, замедляется интенсивность тканевого дыхания, повышает вязкость цитоплазмы, индуцируются мутации, ускоряется старение клеток. При остром поражении тритиевой водой возникает дистрофическое изменение клеток всех внутренних органов. Если верить данным японских ученых и МАГАТЭ, сброс не повлияет на жизнедеятельность человека и животных. Однако хотелось бы, чтобы ученые других стран подтвердили эту информацию, в ходе собственных исследований.

Литература.

1. <https://tass.ru/proisshestviya/19922689>.
2. <https://lenta.ru/news/2023/09/02/tritii/>.
3. <https://www.quarta-rad.ru/useful/ekologia-zdorovie/tritievaya-voda/>.