

УДК 621.039

Влияние радиоактивных отходов на почвенный покров

Килиманов К.А., Каримов А.Р., Юнусов Н.А.

The impact of radioactive waste on soil

Kilimanov K.A., Karimov A.R., Yunusov N.A.

Под радиоактивными отходами (далее РАО) понимаются отходы, в состав которых входят радиоактивные изотопы, в дальнейшем не имеющих никакой ценности. Согласно российскому «Закону об использовании атомной энергии» (от 21 ноября 1995 года № 170-ФЗ) радиоактивные отходы (РАО) — это ядерные материалы и радиоактивные вещества, дальнейшее использование которых не предусматривается. Российское законодательство также предусматривает запрет на ввоз РАО на территорию страны.

Очень часто многие не видят разницы между отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами и используют их в качестве синонимов. Необходимо провести чёткие границы, отделяющие эти понятия. Давайте разберёмся: отработавшее ядерное топливо может быть переработано и использоваться дальше, например, в медицине или энергетике, представляя собой ценный ресурс, а вот радиоактивные отходы уже не подлежат переработке.

Составляющими РАО являются трансурановые элементы, которые составляют с осколочными радионуклидами, тоже входящими в состав отходов, опасную часть РАО, и смесь из стабильных элементов. Основная часть осколочных элементов есть результат деления ядерного топлива. В среднем на 100 тонн топлива приходится пол полтонны осколочных элементов.

Наибольшую опасность для окружающей среды представляют собой такие элементы, как рубидий (Rb), стронций (Sr), молибден

(Mo), иттрий (Y), цирконий (Zr), рутений (Ru), палладий (Pd), йод (I), цезий (Cs), барий (Ba), лантан (La), родий (Rh) и диспрозий (Dy), а также трансурановые элементы: нептуний (Np), плутоний (Pu), кюрий (Cm) и америций (Am).

РАО образуются: при эксплуатации и закрытии предприятий, применяющих ядерный топливный цикл (изготовление тепловыделяющих элементов, производство электроэнергии на АЭС, добыча и переработка радиоактивных руд, переработка отработавшего ядерного топлива); при осуществлении военных программ по производству ядерного оружия с последующей ликвидацией в форме захоронения вышедших из строя или использованных экземпляров; при использовании и списании кораблей и подводных лодок ВМФ, работающих на ядерных установках; при применении изотопов в медицине; при ядерных испытаниях (взрывах), во время проведения космических программ, при добыче полезных ископаемых, техногенных авариях на объектах, использующих в качестве подпитки и производства ядерную энергию.

Условное деление радиоактивных отходов следующее: низкоактивные (делятся на четыре класса: А, В, С и GTCC, являющийся самым опасным); среднеактивные (термин, использующий преимущественно в Европе); высокоактивные.

В законодательстве США также выделен отдельный вид РАО – трансурановые радиоактивные отходы, содержащие излучающие компоненты с периодом полураспада более 19 лет.

Из-за довольно большого периода распада трансурановые отходы стараются тщательнее захоронить, по сравнению с малоактивными и среднеактивными отходами. Ещё одним фактором, выделяющим этот вид РАО, являются то, что они представляют собой искусственно синтезированными веществами предсказать поведение которых в природе довольно сложно: каждый из них реагирует на окружающую среду по-разному.[1]

В медицинских и исследовательских организациях вырабатывается меньше всего отходов, однако с развитием этих отраслей, в частности с внедрением в них использования ядерных элементов, увеличивает количество производимых отходов.

Для обеспечения дальнейшего развития, толчка для роста использования ядерной энергетики, необходимо решить проблему безопасного захоронения. Оно заключается в следующем: необходимо так утилизировать отходы, чтобы оградить их от различных биоциклов. Лучшим решением будет являться полная изоляция на протяжении всего периода распада.

На сегодняшний день идёт разработка разнообразных методов обработки и захоронения РАО. Выбираются они исходя из того, какие результаты желанны для достижения. Первый из них связан с затратами на утилизацию и направлен на их уменьшение. Второй тоже направлен на уменьшение, только образования вторичных РАО.

В течение последних нескольких лет было создано большое число методов по обращению с РАО. Наибольшего успеха достигли крупные ядерные державы, где для снижения угрозы от большого числа отходов сводится к минимуму. Более того, в них разработан целый комплекс (и не один) по эффективной и безопасной переработке. Однако, печальным фактом является то, что нигде в мире ещё не был придуман метод окончательного захоронения РАО, и места их скопления приходится

ограживать и постоянно контролировать их состояние.

В настоящее время наиболее эффективной и безопасной методикой захоронения РАО считается погружение их в яму (часто называемую могильником) на глубину около четырёхсот метров с применением многобарьерной защиты. При этом жидкие отходы необходимо обязательно переводить в твёрдое состояние для предотвращения утечки. Опыт показывает, что при особом выборе геологических структур попадания отходов в окружающую среду не происходит.[2]

Радионуклиды могут находиться как на поверхности, так и внутри почвы. Также следует не упускать возможность их перемещения между слоями, скорость и глубина которого зависит от типа почвы, содержания в ней влаги и др.

В нашей стране основным показателем загрязнения почвы является наличие в ней стронция-90 и цезия-137. Все они закрепляются в почве с помощью ионного обмена. Выяснено, что стронций поглощается грунтом лучше. Из этого следует, что он является более подвижным нуклидом и может проникать глубоко в почвенный покров, загрязняя тем самым большие территории.

Когда цезий выбрасывается в атмосферу, он находится в легкоусваиваемом состоянии (чаще всего в газообразной форме). В такой форме он проще поглощается растениями, через которые он попадает в почву. После внесения цезия в почву, он вступает в химические реакции с грунтовыми компонентами, теряя таким образом свою подвижность. Однако в результате таких реакций он соединяется с минералами.

Скорость усвоения почвой нуклидов зависит от её состояния. Чем она мягче, тем легче в неё проникает загрязняющий компонент. Наиболее восприимчивыми к воздействию являются илистые почвы.

Ещё один фактор, влияющий на скорость усвоения нуклидов в почве, это содержание в

ней элементов, имеющих сходные свойства с изотопами. Так, родственным для цезия является калий, и при его добавлении в почву уменьшается скорость миграции этого элемента за счёт его усвоения. При этом происходит борьба за поглощение растениями этих элементов. Для стронция же близким по свойствам будет кальций. Если ввести известь в грунт, то увеличится его поглотительная способность.

Метеорологические условия, а именно количество выпадаемых осадков, наоборот приводит к большей активности металлов, и при выпадении переносят часть стронция в нижние слои (обычное расположение 0-6 см).

А вот вынос радионуклидов из почвы через растения зависит от её кислотности и самих растений. Отметим, что самое интенсивное поглощение происходит в кислых почвах. С уменьшением кислотности падает и скорость выноса (поглощения). Также на поглощение влияет такой показатель почвы как дёрн. Если он плотный, то растения в несколько раз активней поглощают изотопы, как если бы он был рыхлым. Следующая последовательность показывает типы почв в порядке уменьшения накопления в урожае цезия: дерново-подзолистые супесчаные, дерново-подзолистые суглинистые, серая лесная, чернозёмы и т.д.

В зависимости от особенностей растений их поглощение радионуклидов происходит по-разному. Замечено, что культуры, которые содержат мало калия, плохо поглощают цезий. Та же особенность проявляется и у злаковых трав в сравнении с бобовыми, а вот поглощения стронция происходит в обратном порядке.

Измерения показывают, что растения, потребляющие много кальция, накапливают меньше стронция.

Устойчивость растений к радионуклидам не обеспечивает полную безопасность, так как при большой концентрации вредных веществ их нельзя применять для приготовления пищи или на корм животным.[3]

Литература

1. Ключников А.А., Пазухин Э.М., Шигера Ю.М., Шигера В.Ю. Радиоактивные отходы АЭС и методы обращения с ними. – Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, 2005. – С. 15-24.
2. Алексеенко В.А., Иванов А.Б. Геологические и гидрологические аспекты проблемы захоронения жидких радиоактивных отходов. – М.: Наука, 2009 – С. 117-123.
3. Кочкин Б.Т. Геоэкологический подход к выбору районов захоронения радиоактивных отходов. – М.: Наука, 1988. – С. 243-246.

References

1. Kljuchnikov A.A., Pazuhin E.M., Shigera Ju.M., Shigera V.Y. Radioaktivnye othody AJeS i metody obrashhenija s nimi [Radioactive waste nuclear power plant and the treatment methods with them] – Institut problem bez-opasnosti AJeS NAN Ukrainy, 2005. – P. 15-24.
2. Alekseenko V.A., Ivanov A.B. Geologicheskie i gidrologicheskie aspekty problemy zahoronenija zhidkih radioaktivnyh othodov [Geological and hydrological aspects of the disposal of liquid radioactive waste]. – Moscow: Nauka, 2009 – P. 117-123.
3. Kochkin B.T. Geojekologicheskij podhod k vyboru rajonov zahoronenija radioaktivnyh othodov [Geoeological approach to the selection of areas of radioactive waste disposal]. – Moscow: Nauka, 1988. – P. 243-246.

Статья поступила в редакцию 25 февраля 2016 г.

Килиманов Константин Алексеевич – студент, Казанский национальный исследовательский технический университет им.А.Н. Туполева, г. Казань, Россия. E-mail: kostik.kilimanov@mail.ru

Каримов Артур Рафаэлевич – студент, Казанский национальный исследовательский технический университет им.А.Н. Туполева, г. Казань, Россия. E-mail: artur.karim@yandex.ru

Юнусов Нияз Азатович – студент, Казанский национальный исследовательский технический университет им.А.Н. Туполева, г. Казань, Россия. E-mail: apach236@yandex.ru

Kilimanov Konstantin Alekseevich – student, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan, Russia. E-mail: kostik.kilimanov@mail.ru

Karimov Artur Rafaelovich –student, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan, Russia. E-mail: artur.karim@yandex.ru

Yunusov Niaz Azatovich – student, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan, Russia. E-mail: apach236@yandex.ru