

© 2023 С.Г. Вилкова¹, Т.Д. Коваленко²

В статье рассматривается вопрос сброса радиоактивных вод в акваторию Тихого океана, который в течение будущих лет вызовет значительные экологические, экономические, социальные последствия, а именно: уменьшение объема добычи морских ресурсов на загрязненных территориях, дополнительные финансовые затраты на контроль за состоянием прибрежных вод и выявление рисков, связанных с влиянием на здоровье населения. Решение данного вопроса должно быть комплексным и многоуровневым, при этом должна прослеживаться заинтересованность каждого государства в решении проблемы сохранения океанического многообразия для будущих поколений.

В настоящий период времени на планете фиксируется увеличение частоты проявлений природных аномалий, таких как землетрясения, извержения вулканов, разрушительные наводнения, смерчи, цунами. Не всегда объекты, построенные человеком, являются безопасными. В силу степени износа в процессе эксплуатации, устаревших технологических решений, возможного действия человеческого фактора многие объекты атомной энергетики требуют постоянного мониторинга их состояния. Но природные катастрофы предотвратить невозможно, отсюда появляется

Атомная отрасль за последние десятилетия развивается устойчивыми темпами. На начало 2023 года в мире действуют 192 атомных электростанций с суммарным количеством энергоблоков, равным 438. В Российской Федерации действуют 10 АЭС с действующими 33 энергоблоками [1].

На рисунке 1 представлена мировая структура производителей атомной энергии.

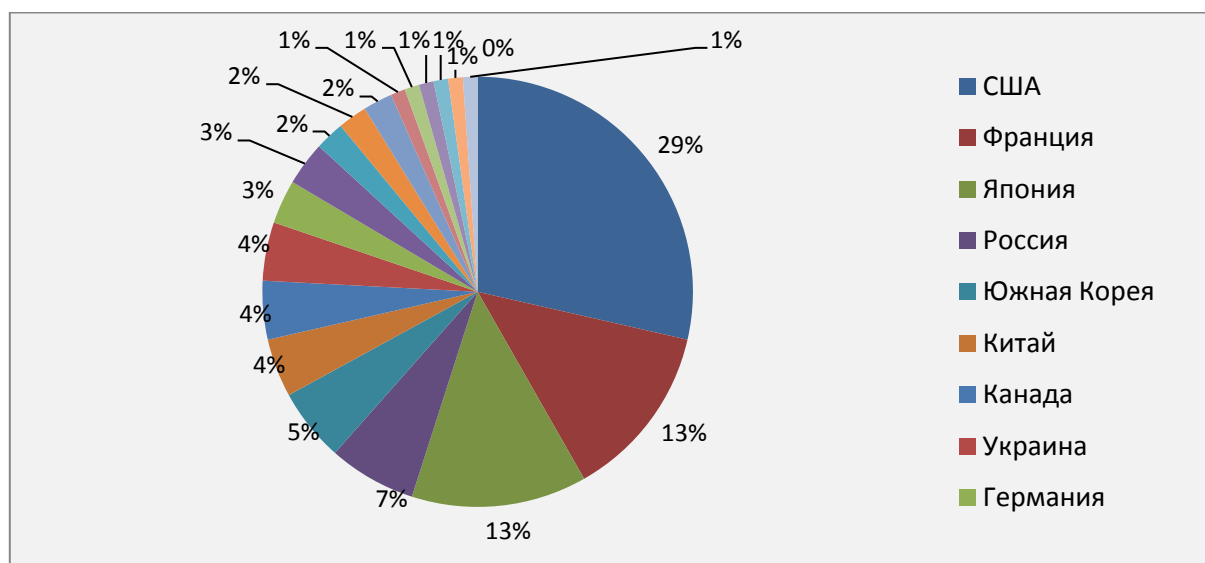


Рисунок 1 – Доля стран – производителей атомной энергии, %

Эксплуатация ядерных реакторов требует не только соблюдения техники безопасности, но и достаточно больших затрат на поддержание условий функционирования энергоблоков. Речь идет об охлаждении реакторов и утилизации радиоактивных вод, которые наряду с твердыми материалами, газообразными летучими радионуклидами являются опаснейшими загрязнителями. В свою очередь жидкие радиоактивные отходы делятся на:

- 1) высоко активные (более 1010 Бк/л);
- 2) средне активные (105-1010 Бк/л);
- 3) низко активные (10-105 Бк/л).

Электростанции, работающие на радиоактивном сырье (уран-235), имеют второй и третий вид загрязнителей, но и этого достаточно, чтобы при неправильной утилизации поставить существование живых существ на грань вымирания. Поэтому решение правительства Японии о постепенном сбросе радиационных вод в акваторию Тихого океана заставило сопредельные государства в экстренном порядке принимать меры с целью выявления последствий, которое могут возникнуть в ходе рас-

пространения радиоактивного загрязнения. Запущенный процесс сброса «тяжелой» воды в конечном итоге скажется на экономических показателях сопредельных регионов, экологических характеристиках морских экосистем и социальной стабильности стран Юго-Восточной Азии [2].

Практика захоронения радиоактивных отходов (РАО) в моря использовалась странами, имеющими разработки в области промышленного применения радиоактивных элементов. Слив жидких и захоронение твердых РАО в контейнерах привели к росту уровня радиации, вследствие чего были зафиксированы нарушения биологического баланса морских и океанических экосистем. В настоящее время международными соглашениями сброс РАО в морские акватории запрещен, а также захоронение РАО в глубоких океанических осадках нигде не было реализовано и запрещено международными соглашениями. В таблице 1 дан перечень стран, время и место сброса контейнеров с жидкими радиоактивными отходами (ЖРО) [3].

Таблица 1 – Страны, производящие захоронения ЖРО в мировой океан

Страна	Период (годы)	Место сброса	Общая масса контейнеров, т	Кол-во, шт.	Общая радиоактивность, кКи
Великобритания	1949-1982	Северная Атлантика, Бискайский залив, Ла-Манш, Канарские острова	74052		949
Новая Зеландия	1954-1976	Южная зона пролива Кука		39	0,028
Япония	1959-1969	Прилегающее побережье Тихого океана		3031	0,416
Бельгия (совместно с Великобританией)	1960-1982	Северная Атлантика, Бискайский залив, Ла-Манш	23100	55324	57,24
Германия	1967-1982	Северная Атлантика	185	480	0,0055
Голландия	1967-1982	Северная Атлантика	19162	28428	9,08
Франция	1967-1969	Атлантический океан	14299	46396	9,54
Южная Корея	1968-1972	Японское море	45	115	0,005

Окончание табл. 1

Италия	1969	Северная Атлантика	44,7	100	0,005
Швеция	1969	Северная Атлантика	1080	2895	0,09
Швейцария	1969-1982	Северная Атлантика	5321	7420	119
США	1946-1970	Тихий океан		560261	15,0
		Атлантический океан		34282	79,4
Россия (СССР)*	1960-1993	Арктика (Баренцево и Карское моря)	205		1100
		Дальний Восток (Охотское и Японское моря)	146		

Примечание.* Материалы взяты из источника [4].

В 1983 году на седьмом консультативном совещании Конвенции ООН была принята резолюция с призывом о воздержании от захоронения в акватории океана всех видов радиоактивных отходов до проведения оценки всех моментов воздействия загрязнения на морскую среду и здоровье человека [5].

В зависимости от показателя объемной активности жидких РАО применяют тот или иной способ утилизации. В таблице 2 представлена классификация жидких РАО и современные способы утилизации [6].

Таблица 2 – Классификация жидких РАО и способы их утилизации

Категория	Объемная активность, А _в , Бк/л	Способ утилизации
1	менее 3,7·10 ²	Выбрасывают в окружающую среду без переработки
2	3,7·10 ² – 3,7·10 ⁴	Переработка обычными методами, не требуют защиты
3	3,7·10 ⁴ – 3,7·10 ⁶	Переработка обычными методами, защита целесообразна
4	3,7·10 ⁶ – 3,7·10 ⁹	Переработка специальными методами, защита необходима
5	более 3,7·10 ⁹	Необходимо охлаждение, переработка специальными методами

Необходимо добавить, что проектирование, строительство и эксплуатация радиохимического предприятия для переработки и хранения отработанного ядерного топлива (ОЯТ) и радиоактивных отходов (РАО) экономически оправдано только в случае наличия у государства самостоятельной ядерной энергетики, технологий и высококвалифицированного персонала. В настоящее время радиохимические заводы работают в России, Франции и Великобрита-

нии. США придерживаются отложенного решения, предпочитая консервировать ОЯТ в специальных хранилищах, чтобы в будущем либо заняться его переработкой, либо провести окончательное захоронение [7].

С изменением климата на планете участились проявления чрезвычайных ситуаций, например авария на АЭС Фукусима в 2011 году показала, что человечество может столкнуться с большими угрозами техногенного характера. Волна цунами,

образовавшаяся в результате сильного землетрясения, затопила резервные дизельные генераторы и повредила систему охлаждения реакторов 1–3, привела к расплаву ядерного топлива и накоплению водорода, который взорвался на энергоблоках № 1, № 3, № 4. При взрыве образовалось огромное количество радиоактивных веществ с изотопами йода 131, цезия 137, и 80% такого вида загрязнений попало в океан в 2013 году [8].

В течение 2015–2016 гг. японской стороной рассматривались различные способы утилизации радиационных вод, которые скапливались в процессе охлаждения реакторов.

Из методов утилизации радиоактивных жидких отходов, а именно «тяжелой воды», могли быть использованы следующие общеизвестные методы:

- разбавить и слить в океан;
- испарить в атмосферу путем нагревания;
- выделить из этой воды водород путем электролиза и выбросить его в атмосферу;
- закачать в глубокое подземелье [9].

Именно первый вариант был выбран японской стороной как менее затратный. За годы после аварии атомной электростанции Фукусима в резервуарах накопилось 1,34 млн т радиационной воды. Стало очевидно, что возникла необходимость решения проблемы с утилизацией. Правительство Японии выбрало вариант постепенного (за 30 лет) слива сточных радиационных вод в бассейн Тихого океана в километре от берега через подводный тоннель. Данный факт вызвал обеспокоенность стран прилегающего окружения как в плане экологических, экономических, так и социальных последствий.

За прошедшее время объем зараженных вод увеличился с 800 тыс. т до 1,34 млн т и первоначальная сумма затрат возросла с 3,4 млрд иен до 43 млрд иен (307 млн долл. по текущему курсу 2023 года). Иными словами, сумма затрат увеличилась в 10 раз. Необходимо добавить, что продление сроков с 88 месяцев до 30 лет также приведет к увеличению расходов на техническое обслуживание, мониторинг окру-

жающей среды, восстановление репутационного ущерба продукции АЭС, что составляет дополнительные 80 млрд иен, и общая сумма возрастет до 120 млрд иен (857 млн долл.) [10].

В добавление ко всему вышеизложенному можно сказать, что правительству Японии придется вкладывать средства в восстановление международного доверия и урегулирование социальной напряженности, связанной с угрозой попадания радиоактивных нуклидов в продукты питания населения стран Тихоокеанского бассейна. Даже при гарантированной многоступенчатой очистке системы ALPS, которая позволяет удалить из воды до 62 видов радионуклидов, изотопы водорода (триция), или «сверхтяжелая вода», будут присутствовать [10].

Общественность многих стран озабочена последствиями сброса радиационных вод в акваторию Тихого океана в связи с тем, что употребление продуктов, содержащих радиоактивные вещества, приведет к всплеску онкологических заболеваний, генетических мутаций, увеличению смертности населения. Ученые доказали, что такие радиоактивные элементы, как стронций, барий и плутоний, накапливаются в костной ткани, свинец и цезий – в мышцах, йод – в щитовидной железе, церий, лантан и празеодим – в печени [11].

Экологи считают, что даже после очистки в воде сохраняются частицы, потенциально опасные для ДНК человека. Проникновение радиоактивных веществ в организм с пищей и жидкостью называется внутренней радиацией, которая провоцирует опухоли внутренних органов, злокачественные изменения крови, умственную отсталость, врожденные уродства и аномалии развития, рак у плода вследствие его облучения, сокращение продолжительности жизни, а также генетические последствия в виде изменения наследственности; доминантные и рецессивные мутации генов; хромосомные перестройки (изменение числа и структуры хромосом) [12].

При изучении влияния радиоактивных частиц на морские экосистемы ученые сталкиваются с рядом трудностей по сбору информации, так как взаимосвязи в пище-

вых цепочках многообразны и сложны. Радионуклиды проникают в организмы через фито- и зоопланктон, через жабры и поверхность тела.

Однократное загрязнение обычно не накапливается в организме, низкоуровневое облучение в течение длительного времени опаснее. В этом случае больше всего накапливается радиоактивных веществ в первые сутки, через 2-3 месяца наступает предельное накопление, после чего уже не накапливается. Организмы молодых рыб накапливают быстрее и больше радионуклидов, в отличие от возрастных особей, также донные рыбы накапливают больше и быстрее, чем пелагические (плавающие в воде) [13].

Следовательно, чем активнее образ жизни рыбы и чем она моложе, тем большей радиоактивностью она обладает и больше радионуклидов откладывается в ее тканях.

При увеличении концентрации изотопов стронция (Sr^{90}) в воде в 2 раза его количество в рыбе увеличивается в 5 раз. Концентрации изотопов (K^{40}) в тканях дальневосточных крабов достигает 240 Бк/кг. В Токийском заливе в течение года удельная радиоактивность мягких тканей моллюсков, обусловленная концентрацией радиоактивных веществ, может изменяться от 60 до 270 Бк/кг сырого веса. Планктон накапливает уран (U) с коэффициентами накопления (Кн) от 3 до 1600 в зависимости от видового состава планктона и содержания элемента в среде. Например, накопление урана гидробионтами связано с образованием карбонатного скелета: в кораллах, коэффициент накопления которых (Кн) равен 2800. Гидробионты морей и океанов накапливают радий (Ra) из воды с различной интенсивностью. Так, коэффициент накопления радия для камбалы равен 6, для мидий – 69, для моллюсков – возрастает до 210 [14].

В Российской Федерации, как и в других странах, существуют требования к радиоактивной безопасности продуктов питания в целом и морепродуктов в частности. В соответствии с СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» определяется их допустимыми уров-

нями удельной активности радионуклидов: соответствующие пределы поступлений радионуклидов с пищей составляют для стронция-90 от 36 кБк/год и 100 Бк/сутки; для цезия-137 от 77 кБк/год и 210 Бк/сутки. По нормативам СанПиН 2.3.2.1078-01 рыба свежая мороженная имеет допустимую норму радиоактивности 130 и 100 Бк/кг, водоросли, моллюски, ракообразные – 200 и 100 Бк/кг. Человек сам обладает радиоактивностью 60 Бк/кг. Эта радиоактивность обусловлена природными изотопами калия. Однако в разных странах предельно допустимые нормы могут отличаться. Например, в Японии нормы ниже. Это связано с тем, что в рационе японца преобладают рыба и морепродукты. Если человек несколько раз съест рыбу, в которой концентрация превышена в несколько раз, это не принесет вреда здоровью. Другой вопрос, если человек будет питаться такой рыбой постоянно, и рацион его будет состоять из морепродуктов, зараженных с большей долей [15].

Главной целью российского правительства являются действия, направленные на предотвращение попадания зараженной рыбы и морепродуктов в торговые сети. Для этого необходимо усилить радиационный контроль за выловленным сырьем. Проверка осуществляется следующим образом. Исходя из требуемой массы одной пробы (до 6 кг) рыбу отбирают целыми экземплярами (при массе до 0,5 кг) или отдельными частями (голова с частью тушки, часть тушки и т.п.) в количестве не менее 0,5 кг от каждой партии поступления. Отобранные образцы рыбы перед анализом подвергают механической обработке; чистят, удаляют голову, внутренности и кости. Консервированная рыба, если ее употребляют с костями, анализируется целиком [15].

Здоровье населения стран, традиционно питающихся морепродуктами, в связи со сбросом радиационной воды в Тихий океан поставлено под угрозу. Этот факт спровоцировал социальные возмущения не только среди населения Японии, но и стран Юго-Восточной Азии. Организация усиленного радиационного контроля и

частоты его проведения потребует дополнительных затрат.

При рассмотрении проблемы сброса Японией радиоактивных вод в плоскости экономических последствий следует отметить, что массовые акции протеста, которые прокатились по странам Тихоокеанского бассейна, связаны не только с опасением людей относительно своего здоровья, но и с изменившейся ситуацией экономических показателей спроса и предложения на рынке продукции рыболовства.

По данным Trendeconomy (портала открытых данных по глобальным базам внешней торговли), основными мировыми импортерами товаров группы «Живая рыба» в 2022 году были следующие:

- Гонконг – 17,9% мирового импорта (434 млн долларов);
- Япония – 17,6% (427 млн);
- Южная Корея – 15,8% (383 млн);
- Китай – 13,6% (330 млн);
- США – 5,22% (126 млн).

Например, в 2021 году импорт в республику Южная Корея из Японии свежей рыбы составлял 3,7% мирового экспорта на сумму 77 млн долларов (согласно отчетности Южной Кореи), а в 2022 году импорт в Южную Корею из Японии уменьшился до 3,47% мирового экспорта, но в денежном эквиваленте вырос и составил 84 млн долларов [16].

После оглашения информации о сбросе первой партии радиоактивных вод в бассейн Тихого океана властями некоторых стран были введены срочные меры, например, ряд территорий КНР (Гонконг, Макао) ввели запрет на импорт морепродуктов из десяти префектур Японии, близлежащих к АЭС Фукусима. В связи с этими политическими решениями рыбаки Китая и Южной Кореи вышли с протестом и с требованиями материальной компенсации от правительства Японии. В свою очередь японская сторона, ссылаясь на доклад МАГАТЭ, заявила, что «слив будет проходить в соответствии с международными стандартами безопасности и не окажет негативного влияния на жителей и экологию региона, кроме того, эффект от наличия радиоактивных элементов в воде будет не-

значительным, и сброс не навредит населению соседних стран» [17].

Научное сообщество озадачено тем, что океанские течения не изучены должным образом, и последствия сброса радиоактивных вод будут заметны не сразу, а в течение ближайших пяти лет. Например, власти Тайваня заявили, что часть вод с японской АЭС «из-за завихрений в течениях в северных районах Тихого океана направится в сторону Тайваня и достигнет его побережья через один-два года после сброса». В связи с этим, по оценке властей Тайваня, концентрация трития в акватории возле острова достигнет пиковых значений через четыре года [17].

Российские океанологи, создав математическую модель распространения радиоактивной воды с учетом имеющихся данных и выявленных факторов, считают, что основная масса воды устремится к Аляске и к западному побережью США и Канады. Позднее часть слаборадиоактивной воды, поменяв направление, пройдет вдоль Алеутских островов и достигнет Камчатки, но за это время она сильно разбавится водами Тихого океана, и концентрация слаборадиоактивной воды уменьшится [18].

Если рассматривать проблему загрязнения океана РАО более широко, то необходимо отметить, что в бассейн морей Юго-Восточной Азии попадают сливы практически всех китайских АЭС. В настоящее время в КНР действуют 18 АЭС с 54 реакторами четырех типов, при этом охлаждение реакторов требует большого количества воды, поэтому все АЭС Китая находятся на побережье и соответственно имеют слив в море [18].

В таблице 2 представлены АЭС, имеющие стоки вод системы охлаждения в акваторию морей [19]. Так, например, Тяньваньская АЭС сбрасывает в океан воду с изотопом (H^3), или тритием, в 10 раз больше, совершенно легально и под контролем всех регулирующих органов, отвечающих за безопасность населения и окружающую среду, чем ежегодно японский регулятор планируют сбрасывать в Тихий океан с АЭС Фукусима. При этом японская сторона заявила, что планирует сливать с Фукусимы в пределах 22 ТБк трития в год,

что составляет 1/10 часть от сбросов другой китайской АЭС Qinshan на побережье Восточно-Китайского моря. Так, в 2020 году КНР сбросил в океан со своих АЭС более 1000 ТБк, что в 50 раз больше планируемых годовых сбросов трития с АЭС Фукусима. При этом китайские регуляторы разрешают суммарно сливать почти до 5400 ТБк (т.е. в пять раз больше). У всех китайских АЭС без исключения, независимо от мощности и типа реакторов, допустимые регуляторами уровни годового

сброса превышают 50 ТБк. Таким образом, Китай с каждой из своих АЭС сливает минимум вдвое больше, чем планирует сливать японская сторона с Фукусимы. Во многом это связано с тем, что нормативы по концентрации веществ загрязнителей каждой страной учитывают рекомендации МАГАТЭ, но объемы слива радиоактивной воды регулируются местными операторами [20].

Таблица 3 – АЭС стран Юго-Восточной Азии, сбрасывающие жидкие радиоактивные отходы в акватории морей

Название	Страна	Место сброса радиационных вод
Тяньваньской АЭС	КНР	Желтое море
АЭС Qinshan	КНР	Восточно-Китайское море
АЭС Линьбао	КНР	Южно-Китайское море
АЭС Ниндэ	КНР	Восточно-Китайское море
АЭС Станция	КНР	Восточно-Китайское море
АЭС Сюйдапу	КНР	Строится на побережье Ляодунского залива Желтого моря
АЭС Тайшань	КНР	Южно-Китайское море
АЭС Фанцзяшань	КНР	Восточно-Китайское море
АЭС Фанчэнган	КНР	Южно-Китайское море
АЭС Фуцин	КНР	Восточно-Китайское море
АЭС Хуньяньхэ	КНР	Ляодунский залив Желтого моря
АЭС Циньшань	КНР	Восточно-Китайское море
АЭС Кори	Южная Корея	Японское море
АЭС Вольсон	Южная Корея	Японское море
АЭС Ханбит	Южная Корея	Японское море
АЭС Хануль	Южная Корея	Японское море

Таким образом, проблема сброса и активного загрязнения мирового океана радиоактивными отходами остается нерешенной. Каждая страна наносит невосполнимый урон мировому океану, и данный процесс в настоящее время не подлежит урегулированию. Причины сложившейся ситуации следующие.

1. Отсутствие понимания проблемы в глобальном смысле.
2. Отсутствие взаимодействия по данной проблематике на всех уровнях контактов и плоскостях изучения.
3. Отсутствие политической инициативы руководства стран по урегулированию вопроса загрязнения акватории Тихого океана.

4. Превалирование экономической выгоды над научным анализом последствий загрязнения.

5. Игнорирование общественного мнения при принятии решения о сбросе радиоактивных веществ.

Последствия с большой вероятностью будут только возрастать в экологическом, социальном и экономических аспектах.

На сегодняшний момент можно констатировать уровень изученности последствий.

Экологические последствия не изучены в полной мере, во-первых, из-за многообразия связей в морских и океанических экосистемах; во-вторых, не изучена специфика водных течений и проявление радиационного загрязнения в других частях

мирового океана; в-третьих, нет обоснованных научных прогнозов о проявлении радиационного воздействия на экологию через десятки лет.

Социальные последствия можно условно разделить на текущие и отложенные. К текущим последствиям можно отнести возрастающее социальное напряжение в обществе из-за страха перед возможностью внутреннего радиоактивного заражения через продукты питания и угрозы потери работы части населения, занимающегося рыболовством и переработкой сырья. К отложенным последствиям относятся воздействие радиоактивности на здоровье людей с накопительным эффектом в виде генетических и хромосомных мутаций, увеличение числа онкозаболеваний, уменьшение рождаемости и т.д.

Экономические последствия напрямую связаны с политическими решениями и проявляются в виде санкций и запретов, что приводит к изменению объемов экспорта (импорта), соответственно долей рынка мировой добычи для той или иной страны. Это чревато потрясениями для национальных отраслей вылова и переработки сырья. Государства Юго-Восточной Азии и Дальнего Востока, в первую очередь Россия, каждое в меру своих возможностей будут стараться пресекать попадание зараженных морепродуктов в торговые сети, дабы защитить свое население; данные действия потребуют дополнительных затрат на контроль и мониторинг. Утилизация недоброкачественного сырья не может использовать метод вторичной переработки, следовательно, будет выбран вариант захоронения.

Решения данной проблемы невозможно без комплексного подхода и усилий всех стран и заинтересованных сторон. То, что правительство Японии в одностороннем порядке приняло решение о сбросе загряз-

няющих веществ в океан, создает прецедент повторения подобного в других частях мирового океана. Так как развитие атомной индустрии идет возрастающими темпами, то вопрос о безопасном захоронении радиоактивных отходов (РО), в том числе радиоактивной «тяжелой» воды, встает особенно остро. Объемы и степень загрязнения будут увеличиваться. Контролировать сбросы, как показывает сегодняшняя ситуация на примере АЭС Китая, Южной Кореи, не представляется возможным, потому что они работают в штатном, а не в аварийном режиме. Деятельность МАГАТЭ направлена на мониторинг последствий аварийных ситуаций.

Согласно официальному документу «Нормы безопасности МАГАТЭ для людей и окружающей среды», ответственность за деятельность по регулированию радиоактивной безопасности возлагается на страны, и многие государства принимают решения применять нормы безопасности МАГАТЭ в своих национальных регулирующих положениях [21].

Прозрачность процесса сброса зараженных вод Фукусимы не является решением проблемы, как бы не уверяли специалисты МАГАТЭ. В Российской академии наук заявили, что японская сторона не позволяет проводить наблюдения за процессом сброса низкорadioактивной воды с «Фукусимы-1», и российские научные суда вынуждены работать на расстоянии 150–300 км от АЭС [8].

Объединить усилия по изучению экологических, социальных и экономических последствий мешает геополитическая составляющая, и это самый главный аргумент, препятствующий решению проблемы сегодня, потому что в отдаленном будущем проблема может исчезнуть вместе с человечеством.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Сколько атомных станций работает в мире и России? URL:<https://aem-group.ru/mediacenter/informatoriy/skolko-atomnyix-stanczij-rabotaet-v-mire-i-v-rossii.html>
2. Водный режим АЭС. Обработка радиоактивных вод и удаление отходов. URL: <https://leg.co.ua/arhiv/generaciya/vodnyy-rezhim-aes/Page-23.html?ysclid=lm0do4gfw0715345890>
3. Удаление радиационных отходов в океане. URL: https://wikipedia.org/wiki/Ocean_disposal_of_radioactive_waste.
4. Техногенные радионуклиды в морях, омывающих Россию. М.: ИздАТ, 2005. 624 с.

5. Конвенция по запрещению загрязнения моря. URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/dumping.shtml.
6. Радиоактивное загрязнение Мирового океана: масштаб проблемы и пути ее решения. URL: <https://rcycle.net/ekologiya/gidrosfera/okean/radioaktivnoe-zagryaznenie-mirovogo-masshtab-problemy-i-puti-ee-resheniya>.
7. Маркитанова Л.И. Проблемы обезвреживания радиоактивных отходов // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. 2015. № 1. С. 140-146.
8. Япония начала сбрасывать воду с АЭС «Фукусима-1» в океан. Чем это опасно? URL: <https://www.rbc.ru/life/news/64e72e369a794718e57800a8?ysclid=lmstlnpgkn76250965>.
9. Утилизация и переработка радиоактивных отходов. URL: <https://bezotxodov.ru/jekologija/utilizacija-radioaktivnyh-othodov?ysclid=lmshgu51w15998829>.
10. Сброс воды с «Фукусимы-1» обойдется очень дорого. URL: <https://ria.ru/20230824/fukusima-1-1891886425.html?ysclid=lm61wyidu7180076090+>.
11. Обработка радиоактивных вод и удаление отходов. URL: <https://leg.co.ua/arhiv/generaciya/vodnyy-rezhim-aes/Page-23.html?ysclid=lm0do4gfwo715345890>.
12. Как радиация влияет на организм. URL: <https://clinic-a-plus.ru/articles/otravlenie/1855-kak-radiatsiya-vliyaet-na-organizm-momentallye.html>.
13. Про рыбу немножко. Радиационное поражение рыбы. URL: <https://world-japan.livejournal.com/109633.html?ysclid=lm62e0grgo568397391>.
14. Радионуклиды в гидробионтах // Радиоэкология и экологическая радиохимия. URL: https://studme.org/129761/tehnika/radionuklidy_gidrobiontah?ysclid=lm62j4kbs8739501570.
15. Методические рекомендации по санитарному контролю за содержанием радиоактивных веществ на объектах среды / Под ред. А.Н. Мареев, А.С. Зыковой. М., 1980. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293736/4293736035>.
16. Живая рыба // Импорт и экспорт – 2021. URL: https://trendeconomy.ru/data/commodity_h2/0301+.
17. В Тайване заявили, что концентрация трития... URL: <https://tass.ru/mezhdunarodnaya-panorama/18561245?ysclid=lmq1uracdc71957968>.
18. Слив зараженной воды с «Фукусимы-1»: почему сейчас, каких ждать последствий? URL: <https://news.ru/world/sliv-zarazhennoj-vody-s-fukusimy-1-pochemu-sejchas-kakie-zhdat-posledstviya/?ysclid=lmq1zzaftx178566954>.
19. Атомная энергетика Китая // Портал Википедия. URL: <https://ru.wikipedia.org>.
20. Что не так (и что так) со сбросом воды с тритием с АЭС Фукусима? URL: <https://habr.com/ru/articles/757088/>.
21. Нормы безопасности МАГАТЭ для защиты и охраны окружающей среды. URL: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1578_R_web.pdf.

ECOLOGICAL, ECONOMIC AND SOCIAL CONSEQUENCES OF RADIOACTIVE POLLUTION OF THE PACIFIC OCEAN

© 2023 Svetlana G. Vilkova¹, Tatiana D. Kovalenko²

^{1,2} Samara University of Public Administration
“International Market Institute”, Russia

The article discusses the issue of the discharge of radioactive water into the Pacific Ocean, which in future years will cause significant environmental, economic, and social consequences, namely a decrease in the volume of production of marine resources in contaminated areas, additional financial costs for monitoring the state of coastal waters and identifying the risks associated with an impact on public health. The solution to this issue must be comprehensive and multi-level, and the interest of each state in solving the problem of preserving ocean diversity for future generations must be traced.

Keywords: radioactive contamination, economic consequences, costs, social protests, risks of impact on biological diversity.