

## Радиационно-гигиеническая оценка возможных уровней загрязнения дальневосточных морепродуктов долгоживущими радионуклидами в связи с аварией на АЭС «Фукусима-1»

В.С. Репин

ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева», Санкт-Петербург

*В обзоре дана информация об уровнях загрязнения и ареале распространения радиоактивности в водах Тихого океана во время и после аварии на АЭС «Фукусима-1». Представлены данные о направлениях переноса радиоактивности морскими течениями, об основных регионах и видах промысла. Выполнен анализ уровней загрязнения морской продукции. Обсуждаются вопросы организации мониторинга морепродуктов.*

Ключевые слова: авария на АЭС «Фукусима-1», радиоактивное загрязнение Тихого океана, рыба, морепродукты, мониторинг.

### Введение

В результате аварии на АЭС «Фукусима-1» прибрежные воды в районе станции подверглись сильнейшему радиоактивному загрязнению. Распространение радионуклидов и поступление их в воды Тихого океана происходило как воздушным путем, так и посредством сброса в океан воды, используемой для охлаждения аварийных реакторов. По разным оценкам [1, 2, 8, 9] в океан было сброшено от 8,5 до 26 ТБк  $^{137}\text{Cs}$  и примерно такое же количество  $^{134}\text{Cs}$ .

Охлаждение реакторов первоначально производилось морской водой. В результате на всех блоках станции скопилось большое количество воды с высокой, низкой и умеренной концентрацией (рис. 1) [3]. Часть воды, содержащей высокие концентрации радионуклидов, вытекала из структурных трещин и через структурные отверстия и туннели в океан, в частности, из туннеля 2-го блока.

30 марта председатель Совета директоров Токийской энергетической компании (ТЕРСО) объявил на пресс-конференции, что удаление радиоактивной воды из подвалов зданий АЭС стало безотлагательной проблемой [4].

Для перекачки сильно загрязненной воды в резервуар (см. рис. 1 – изогнутые стрелки) ТЕРСО приняла решение сбросить из этого резервуара в океан около 10000 тонн менее загрязненной воды (около 150 млрд Бк, см. рис. 1В).

Ночью 4 апреля ТЕРСО начала сбрасывать низкорadioактивную воду в Тихий океан. Официальные лица Японии заявили, что это дало возможность использовать штатное станционное хранилище радиоактивных отходов для хранения воды с более высокими уровнями радиоактивного загрязнения. Компания ТЕРСО объявила, что планирует слить 11 500 тонн радиоактивной воды в море.

Кроме того, ТЕРСО установила шесть заграждений, или «водных штор» (см. рис. 1Е) между приливными дамбами и морем, чтобы предотвратить утечку радиоизотопов и подготовила 10 000-тонный мега-поплавок, или

барьер (F) для удержания загрязненной морской воды и радиоактивности во многих емкостях, расположенных на суше. Были созданы также временные приливные дамбы, чтобы предотвратить дальнейший вынос активности в океан (G).

С этого момента возникла необходимость широкомаштабного мониторинга морской воды и морепродуктов.

Результаты мониторинга отражались непосредственно в пресс-релизах ТЕРСО, но, наряду с этим, появилась серия публикаций, в которых представлена динамика загрязнения морской воды в различных точках, расположенных вдоль прибрежной линии Японии на расстоянии до 500 км.

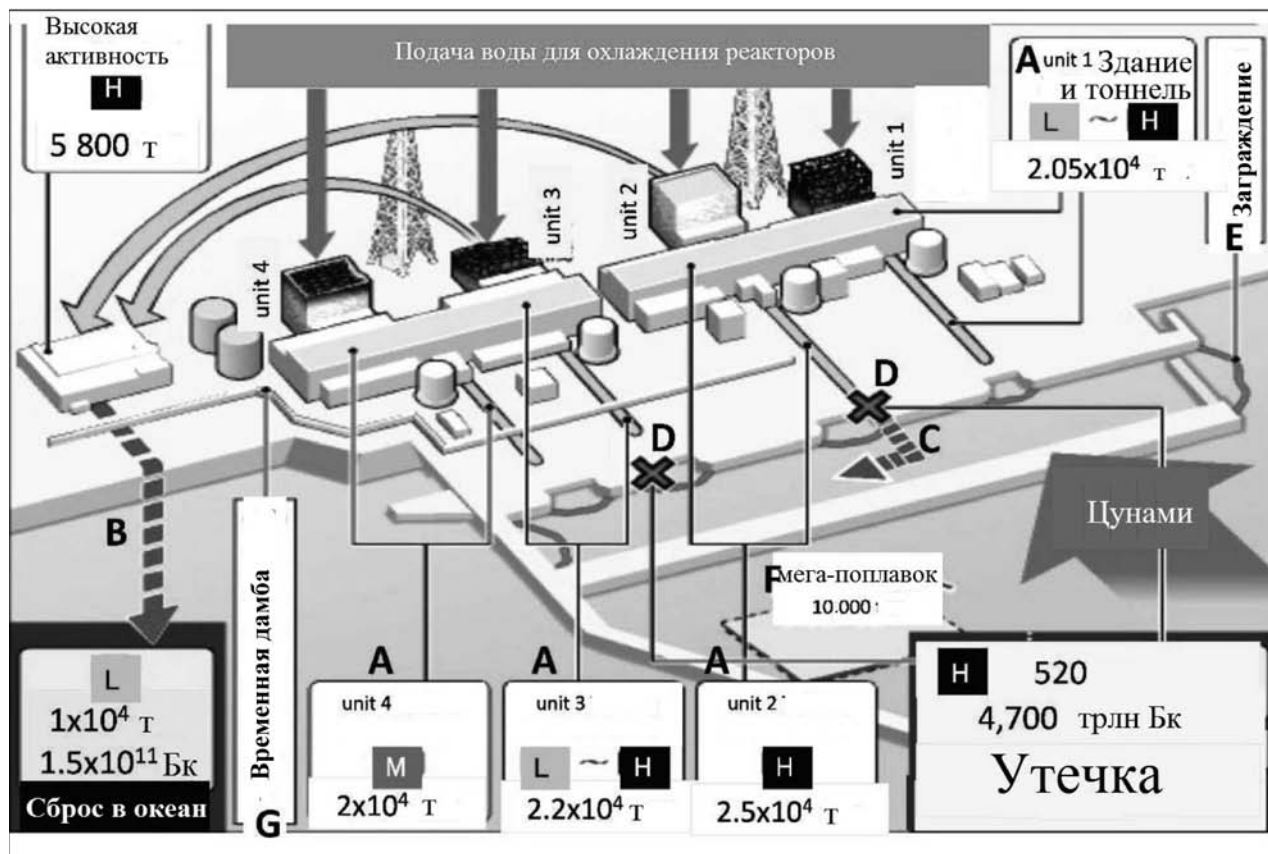
Целью данного обзора является оценка потенциальной опасности загрязнения морской продукции как источника облучения населения Российской Федерации в связи с аварией на АЭС «Фукусима-1».

В обзоре представлены:

- данные об уровнях загрязнения и ареале распространения техногенных радионуклидов в водах Тихого океана;
- информация о направлениях переноса радиоактивности морскими течениями;
- сведения об основных регионах промысла и миграции рыбы;
- уровни загрязнения морской продукции;
- вопросы организации мониторинга морепродуктов.

### Уровни загрязнения вод акватории Тихого океана и прибрежных вод России долгоживущими радионуклидами

АЭС «Фукусима-1» расположена на берегу Тихого океана на восточном побережье Японии (рис. 2), что, с одной стороны, явилось причиной драматических событий, приведших к радиационной аварии, а с другой – уменьшило возможные последствия загрязнения территории Японии, поскольку преимущественное направление распространения радиоактивных аэрозолей в марте, апреле и мае 2011 г. было в сторону океана.



**Рис. 1.** Схема подачи воды на АЭС «Фукусима-1» после цунами и места радиоактивных утечек и сбросов (рисунок заимствован и адаптирован из [3]): А – накопители загрязненных вод; В – сброс радиоактивной воды в океан; С – место утечки радиоактивности из блока 2; D – блокирование утечки; Е – заграждения, построенные для предотвращения утечки загрязненной воды; F – плавучая емкость; G – временные приливные дамбы; Н – места с высокой концентрацией радиоизотопов; L – места с низкой концентрацией радиоизотопов; М – места среднего уровня концентрации радиоизотопов

Следствием загрязнения океанских вод стало загрязнение морской продукции, промысел которой ведется как в водах Тихого океана, так и в Японском и Охотском морях, соединенных с Тихим океаном узкими проливами.

Фоновые уровни загрязнения вод Тихого океана цезием-137 сформировались в результате испытаний атомного оружия в атмосфере. Дополнительное загрязнение океана произошло также вследствие аварии на ЧАЭС. По данным МАГАТЭ [6], концентрация цезия-137 в морской воде в 2000 г. только в некоторых районах океана превышала 2 Бк/м<sup>3</sup> (рис. 2).

Результаты исследования содержания радионуклидов в пробах морской воды после аварии на АЭС «Фукусима-1», отобранных в непосредственной близости от места аварии и на расстояниях десятков километров, а также результаты моделирования распространения радиоактивности в водах Тихого океана представлены в работах [3, 8–11].

Измерения проводились силами МЭХТ – Министерства образования, культуры, спорта, науки и технологии Японии, ТЕРСО и др.

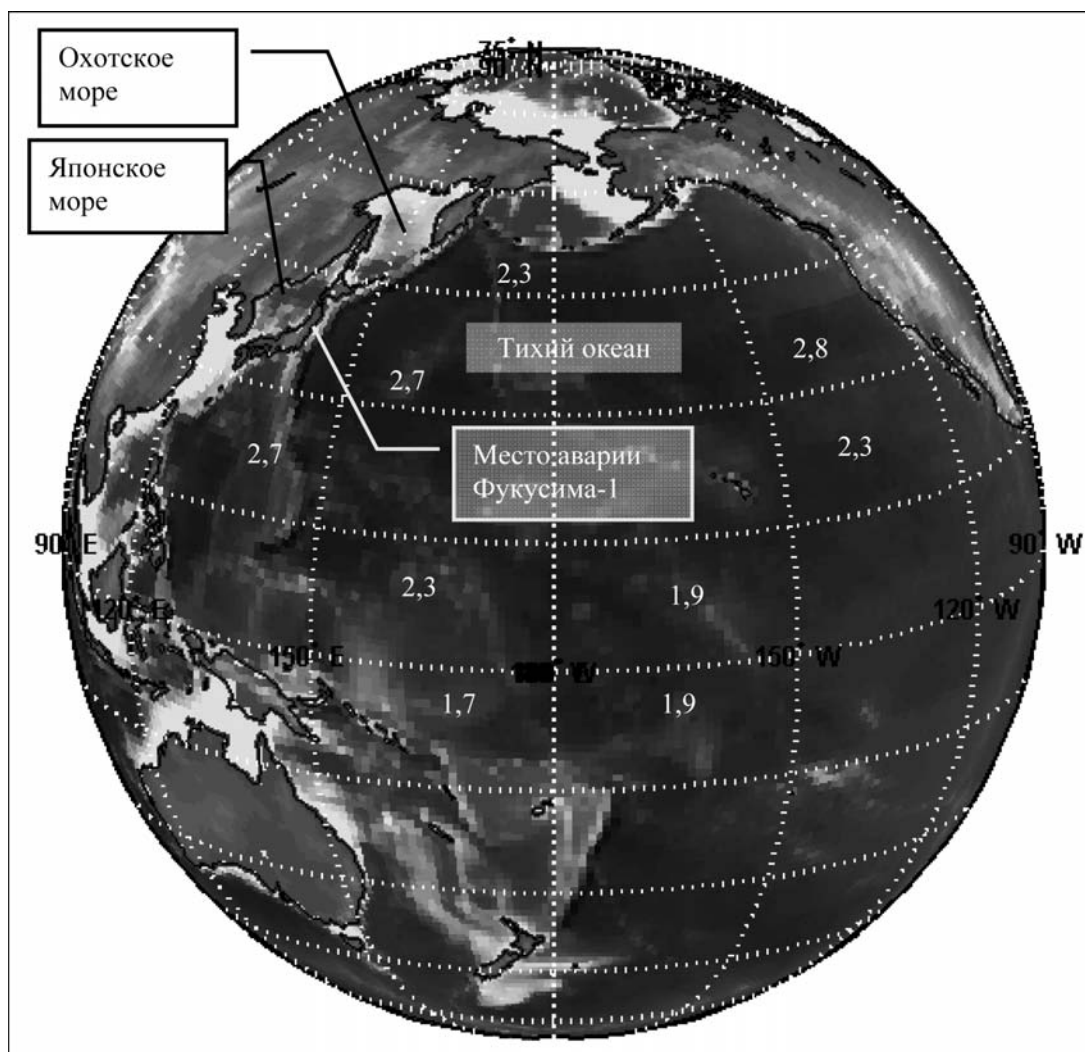
Мониторинг морской воды на содержание радионуклидов проводился вблизи берега (расстояние 30–330 м от точки сброса АЭС) и на удалении от АЭС в 3, 8, 10, 15, 30 км по северно-южному профилю [5]. Из данных мониторинга, представленных в работе [8], концентрация цезия-137 в

Южном, 5 и 6 сбросных каналах АЭС к 3–9 апреля 2011 г. достигла почти 100 тыс. Бк/л, в то время как фоновые концентрации до аварии находились в пределах 0,001–0,002 Бк/л.

На расстоянии 30 км от станции концентрация цезия-137 в морской воде в период с марта по май 2011 г. находилась в пределах 10 Бк/л.

Результаты измерений концентрации цезия-137 в пробах воды из Тихого океана, отобранных во время экспедиции Океанографического института в Вудс-Холле (WHOI) в июне 2011 г. на различных расстояниях от АЭС «Фукусима-1», показаны на рисунке 3 по данным, представленным в [11], а на рисунке 4 дана трехмерная иллюстрация прибрежной части восточного побережья Японии с точками отбора проб воды во время экспедиции Океанографического института. Из рисунка 4 видно, что сбрасываемая в океан радиоактивная вода, содержащая высокие концентрации радионуклидов, подвергается разбавлению в толще океана.

Из рисунка 3 видно, что по мере удаления от станции происходит постепенное снижение концентрации цезия-137. Но даже на расстоянии 500 км в июне 2011 г. регистрировались вполне измеримые концентрации цезия-137, достигающие 300 Бк/м<sup>3</sup>, а на глубине 100 м – 30 Бк/м<sup>3</sup>. Преимущественное смещение радиоактивной воды под действием течения Курисио происходит в северо-восточном направлении.



**Рис. 2.** Географическое местоположение АЭС «Фукусима-1» – источника аварийного загрязнения вод Тихого океана. Цифрами представлены результаты оценки средних концентраций  $^{137}\text{Cs}$  в поверхностных водах в 2000 г., Бк/м<sup>3</sup> по данным, представленным МАГАТЭ в TECDOC-1429 [6]

Р. Rovines [10] представил измерения в исторической перспективе. Он отметил, что авария на «Фукусиме-1» принесла около 10% от общей радиоактивности в водах Тихого океана. Большая часть фонового радиоактивного загрязнения связана с глобальными выпадениями после ядерных испытаний в 1960-х гг. Последствия аварии на Чернобыльской АЭС были заметны, но в меньшей степени. Распределение фоновых уровней по глубине является неравномерным, наибольшая концентрация радионуклидов сосредоточена в верхнем километре водного столба. В северном полушарии концентрации цезия-137 несколько выше, чем в южном.

Результаты измерений содержания цезия-137 и цезия-134 в пробах воды, отобранных во время морской экспедиции судна «Павел Гордиенко» в апреле – мае 2011 г., показали (табл. 1), что максимальный уровень  $^{137}\text{Cs}$  24 Бк/м<sup>3</sup> наблюдался в точке 3 (рис. 5) – ближайшей к АЭС «Фукусима -1», расположенной на расстоянии 560 км (см. табл. 1).

Эта точка находится внутри ареала, характеризующегося повышенными значениями накопленной дозы внешнего

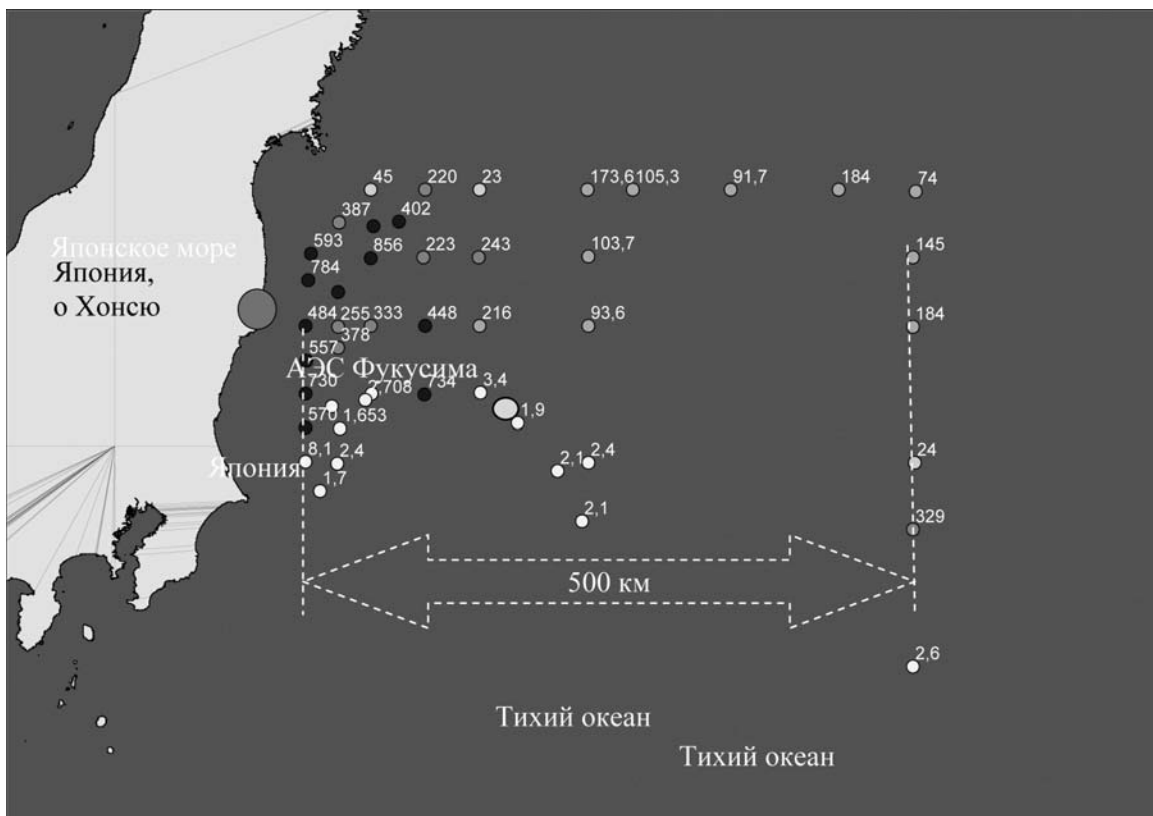
гамма-излучения за период с марта по апрель 2011 г. по изолинии 10 мкЗв.

Таблица 1

**Уровни содержания изотопов цезия в поверхностных водах в местах отбора проб во время экспедиции судна «Павел Гордиенко» в апреле – мае 2011 г. [6]**

№ точки*	Концентрация $^{134}\text{Cs}$ , Бк/м <sup>3</sup>	Концентрация $^{137}\text{Cs}$ , Бк/м <sup>3</sup>
1	–	1,7
2	0,2	1,6
3	21	24
4	1,2	2,2
5	2,9	3,6
6	1,6	2,8
7	0,4	1,4

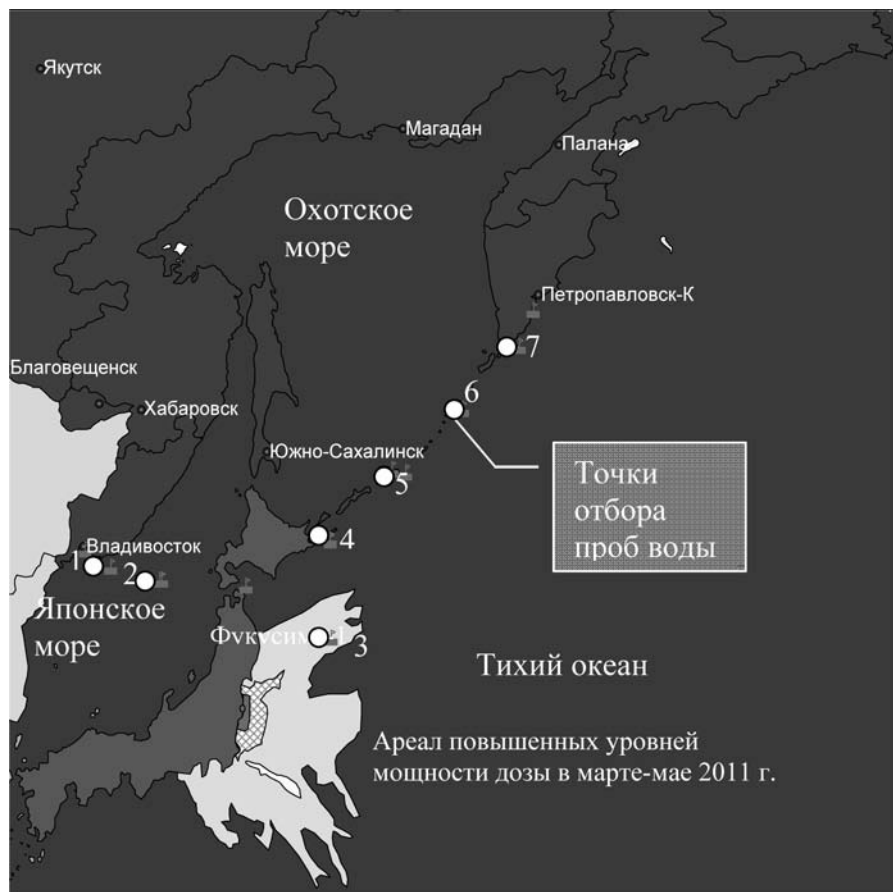
\* – номера точек отбора проб даны в соответствии с рисунком 5: точки 1 и 2 – Японское море, точки 3–7 – Тихий океан.



**Рис. 3.** Результаты измерений концентрации  $^{137}\text{Cs}$  (Бк/м $^3$ ) в пробах морской воды у поверхности на различных расстояниях от АЭС «Фукусима-1» в июне 2011 г. (по данным из [11])



**Рис. 4.** Трехмерная иллюстрация прибрежной части Японии в месте аварийного сброса радиоактивности. Точками обозначены места отбора проб воды во время экспедиции Океанографического института [11]



**Рис. 5.** Ареал повышенных уровней мощности дозы внешнего гамма-излучения по данным [3] и точки отбора проб воды во время экспедиции исследовательского судна «Павел Гордиенко» [7]

Моделирование перемещения радиоактивного пятна, выполненное в работе [2], показывает, что ареал радиоактивно загрязненной воды площадью несколько миллионов квадратных километров будет смещаться морскими течениями в сторону Северной Америки в течение нескольких лет. Максимальные концентрации в пятне в течение первого года будут достигать 10–100 Бк/м<sup>3</sup>. В течение второго года пятно загрязнения переместится к центру Тихого океана и максимальные уровни концентрации цезия-137 будут достигать 10 Бк/м<sup>3</sup>. В течение третьего года пятно будет находиться ближе к берегам Северной Америки, будет наблюдаться дальнейшее разбавление и уменьшение площади ареала максимальных концентраций.

Таким образом, можно утверждать, что авария на АЭС «Фукусима-1» не повлияла на загрязнение вод Японского и Охотского морей и опасность загрязнения морепродуктов в этих морях отсутствует.

Результаты мониторинга морской воды в марте 2012 г., представленные в пресс-релизах компании TEPCO, показывают, что уровни содержания цезия-137 во всех точках мониторинга находятся ниже 0,8–1 Бк/л – пределов детектирования полупроводниковых гамма-спектрометров [15]. Однако такой предел детектирования в пере-

счете на кубометр воды означает, что не регистрируются достоверно концентрации менее 800–1000 Бк/м<sup>3</sup>, а значит, требуются более чувствительные методы контроля загрязнения воды, которые позволят дать более надежные прогнозы загрязнения рыбы и других морепродуктов.

#### **Характеристика морских течений и регионов морской добычи рыбы и других морепродуктов**

Схема постоянных течений в северной части Тихого океана и дальневосточных морях России, по данным ТИНРО-центра [12], указывает на полную невозможность поступления вод от восточного побережья острова Хонсю к российским берегам, даже в район Южных Курил. Это связано с тем, что циркуляция воды в Охотском и Беринговом морях изолирована. Вдоль всей Курильской гряды с севера на юг проходит мощное Курильское течение (Ойясио), от которого отдельные ветви отклоняются в открытый океан. Течение Куроисио, направленное на север, у восточного побережья о. Хонсю отклоняется на восток, в сторону открытого океана. На стыке Куроисио и Курильского течения образуется мощный фронтальный раздел. Экономическая зона России в Тихом океане находится севернее водораздела, образуемого холодным (Курильским) и теплым (Куроисио) течениями (рис. 6).

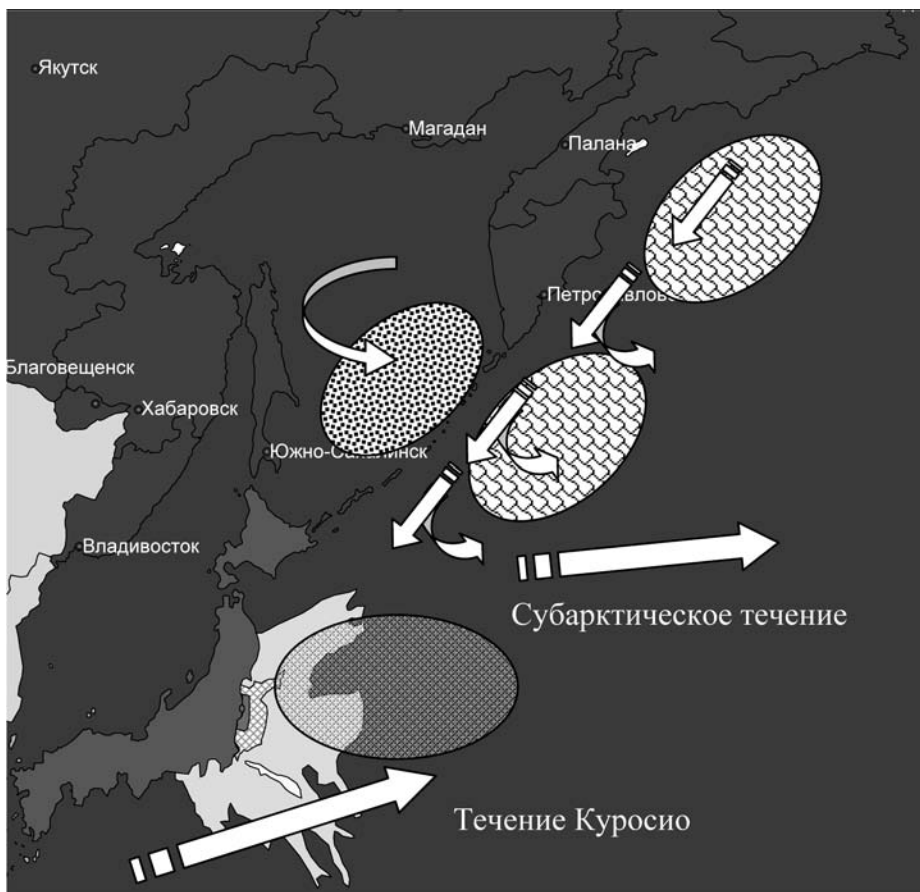





Рис. 6. Условная карта-схема морских течений (обозначены стрелками) и основных мест морского промысла по [12];

-  – места основной добычи лососевых;
-  – места основной добычи лососевых и минтая;
-  – основная зона нереста сайры

Основу дальневосточных уловов составляют минтай, сельдь, тихоокеанские лососи и сайра [12]. Большая часть минтая и сельди постоянно обитает и добывается в Беринговом и Охотском морях. Исходя из особенностей гидрологических условий, можно предположить, что вероятность заражения водных гидробионтов в этих морях ничтожно мала.

Промысел тихоокеанских лососей осуществляется в прибрежной зоне Берингова, Охотского и Японского морей, тихоокеанского побережья Камчатки, на Сахалине, Курильских островах и о. Хоккайдо. Начинается промысел в мае на восточной Камчатке и продолжается до ноября в Приморье, на южных Курильских островах и о. Хоккайдо.

Ареалы пелагических (постоянно плавающих в море и держащихся вдали от берегов) видов рыб, к которым, в частности, относится сайра, имеют миграционную специфику [12]. Нерест сайры проходит в водах Японии, а нагул – в открытых водах и в экономической зоне России. Миграции личинок и мальков сайры от районов воспроизводства, расположенных поблизости от острова Хонсю,

происходят в водах течения Курисио и его продолжения на восток. Далее, после пересечения сайрой фронта Курисио, она мигрирует на северо-восток и далее к берегам Качатки. В завершении цикла миграции скопления сайры перемещаются вдоль Курильской гряды на юго-запад, формируя промысловые скопления у южных островов Курильской гряды в августе – октябре.

По мнению специалистов ТИПРО-центра, именно этот вид рыб можно рассматривать в качестве главного тест-объекта при исследованиях последствий аварии на АЭС «Фукусима-1» для рыбной продукции, начиная с 2012 г. [12].

#### Уровни загрязнения морепродуктов

В материалах по итогам встречи ЕС – Япония по оценке риска для морской среды аварии на АЭС «Фукусима-1» [1], состоявшейся 3 октября 2011 г., говорится о том, что ряд морепродуктов, добытых в непосредственной близости от восточного побережья Японии, превосходит принятый в ЕС уровень радиоактивного загрязнения морепродуктов, равный 500 Бк/кг (табл. 2).

Таблица 2

**Виды и количество проб морепродуктов, отобранных до 26 сентября 2011 г., в которых наблюдается превышение допустимого уровня 500 Бк/кг [1]**

Морепродукты	Всего проб	Образцы с превышением предела	Виды с превышением предела (в скобках – число проб с превышением)
Морская рыба	1370	61	Песчанка тихоокеанская (12), молодняк кильки или сельди (4), терпуг японский (9), физикулус (6), двуцветная японская камбала (3), темноспинный окунь (2), северный морской окунь (4), японский скат (12), беззубый малорот (1), азиатский паралихт (3), камбала японская зимняя (2), окунь каменный черный (1), окунь морской черный (1)
Беспозвоночные	336	12	Черноморская мидия (1), спизула (4), морской ёж стронгилоцентротус (6), японский мохнаторукий краб (1)
Морские водоросли	55	8	Ундария перистая (1), хидзики (1), араме (6)
Обработанные морепродукты	22	0	–
Пресноводные рыбы	411	41	Айю (21), сима (8), японская малоротая корюшка (5), краснопенка-угай крупночешуйная (4), кунджа (2), хонмороко (1)
Морские млекопитающие	27	0	–

В ситуации, когда концентрация радионуклидов в морской воде мало изменяется, оценить концентрацию этих радионуклидов в морепродуктах по данным мониторинга морской воды с приемлемой точностью можно с помощью концентрационных множителей (КМ, л/кг), рекомендованных МАГАТЭ в техническом докладе TRS-422 [13] (табл. 3). Аналогичные коэффициенты получены российскими учеными в результате многолетних исследований в морях, омывающих арктическое побережье России [14].

Таблица 3

**Концентрационные множители для биоты в морской среде (КМ, л/кг) согласно TRS-422, МАГАТЭ, 2004**

Химический элемент	Рыба	Ракообразные	Моллюски	Водоросли
Цезий	100	50	60	50

Эти параметры можно условно применить для дальнейшей зоны загрязнения в акватории Тихого океана в Японском и Охотском морях в предположении о длительном характере загрязнения цезием-137 и цезием-134. При длительном содержании радионуклидов в морской воде на прогнозируемом максимальном уровне загрязнения морской воды в диапазоне от 1 до 10 Бк/л для каждого нуклида цезия можно ожидать следующие концентрации в морской биоте, обитающей в этой морской зоне (табл. 4).

Таблица 4

**Оценка максимальных суммарных концентраций <sup>137</sup>Cs и <sup>134</sup>Cs (Бк/кг) в морской биоте при длительном содержании в морской воде с концентрациями каждого радионуклида 1–10 Бк/л**

Радионуклиды	Рыба	Ракообразные	Моллюски	Водоросли
Цезий-134 + цезий-137	200–2000	100–1000	120–1200	100–1000

Для сравнения с доаварийным периодом в таблице 5 приведены концентрации цезия-137 в морской и пресноводной рыбе, морских ракообразных, моллюсках и водорослях согласно данным японского национального мониторинга в 1993 и 2001 гг. [15]. Из сравнения данных таблиц 4 и 5 видно, что консервативно оцененное содержание цезия-137 в морской биоте может вырасти в 10<sup>3</sup>–10<sup>4</sup> раз по сравнению с доаварийным периодом.

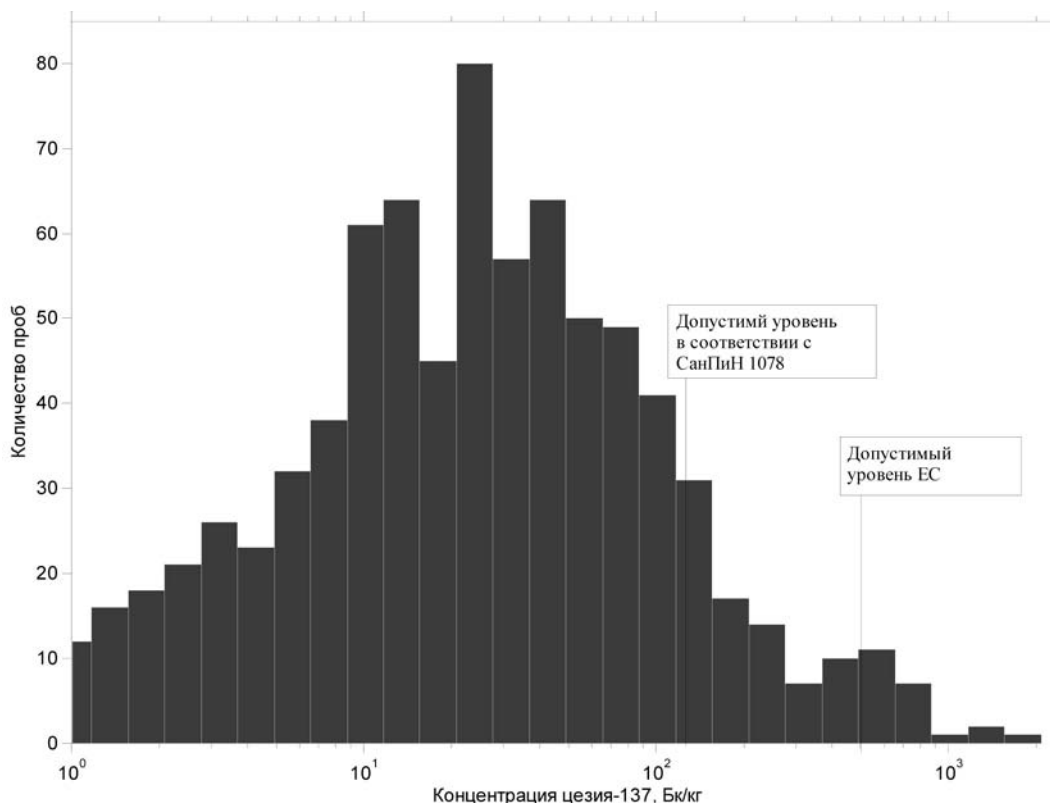
В пресс-релизах и месячных отчетах Министерства здравоохранения Японии [16] регулярно публикуются материалы по содержанию изотопов цезия в морских продуктах, добываемых в японских прибрежных водах. На рисунке 7 представлено частотное распределение уровней содержания цезия-137 в рыбе по данным Министерства здравоохранения Японии за февраль 2012 г. Всего проанализировано 1360 проб рыбы, из которых достоверные результаты измерений выше 1 Бк/кг зарегистрированы в 798 пробах.

Таблица 5

**Удельная активность цезия-137 в водной биоте до аварии, Бк/кг сырого веса**

Год	Радионуклид	Рыба		Моллюски, ракообразные <sup>3)</sup>	Водоросли <sup>3)</sup>
		Морская	Пресноводная		
1993	<sup>137</sup> Cs	0,18±0,015 <sup>1)</sup>	0,20±0,018 <sup>2)</sup>	0,045±0,0094	0,032±0,0077
2001	<sup>137</sup> Cs	0,10±0,009 <sup>4)</sup>	0,16±0,020 <sup>2)</sup>	0,032±0,0066	0,035±0,0065

1) – Katsuwonus pelamis; 2) – Caprinus carpio; 3) – пробы из префектуры Ямагата (рядом с Фукусима); 4) – Katsuwonus pelamis.



**Рис. 7.** Частотное распределение цезия-137 в пробах рыбы, выловленной в прибрежных водах Японии в феврале 2012 г. Рисунок построен на основе данных Министерства здравоохранения Японии за февраль 2012 г. [16]

Из рисунка 7 видно, что только около 2% проб рыбы, выловленной у восточного побережья Японии, превышают норматив Евросоюза на допустимое содержание цезия-137, тогда как 10% проб превышают норматив Российской Федерации. Наибольшие уровни загрязнения рыбы соответствуют уровням, предсказанным выше с помощью концентрационных множителей.

Из результатов анализа литературных данных и собственных исследований, выполненных специалистами НИИ радиационной гигиены, следует, что перенос сброшенных в океан радионуклидов в результате аварии на АЭС «Фукусима-1» в зоны рыболовства России не ожидается, а радиоактивное загрязнение морепродуктов возможно только в районе расположения АЭС «Фукусима-1» и в районах интенсивного выноса радионуклидов с течениями в северо-восточных направлениях. Поэтому вероятность радиоактивного загрязнения минтая, сельди и тихоокеанского лосося, обитающих в субарктических водах Тихого океана, очень мала, и радиационный контроль этих видов рыб может проводиться эпизодически и выборочно.

**Организация контроля содержания радионуклидов в морепродуктах в России**

По заключению специалистов, участвовавших 3 октября 2011 г. во встрече ЕС-Япония [1], риск для людей, потребляющих рыбу из Тихого океана, незначителен.

Однако для поддержания доверия потребителей целесообразно обеспечить контроль, исключающий поступление на рынок Евросоюза продуктов, загрязненных выше допустимых уровней.

Наиболее высокие уровни радиоактивности следует ожидать в уловах рыбы вблизи АЭС «Фукусима-1».

По мнению экспертов ЕС, контролю должны также подвергаться миграционные пелагические рыбы – тунец (длинноперый тунец, тихоокеанский голубой тунец, большеглазый тунец и полосатый тунец), рыба-меч и марлин. Кроме того, следует продолжать наблюдение за результатами японского контроля проб рыбы, отобранных в водах префектуры Фукусима.

Для целенаправленного выявления продукции рыболовства, поступающей из указанных районов рыболовства, Регламентом Евросоюза введено требование о том, чтобы импортируемые в ЕС морепродукты сопровождались сертификатом улова. В сертификате должны указываться районы и даты вылова.

Российский рынок морепродуктов, по данным Росрыболовства, за 2009 г. [17] составил 3,2 млн тонн рыбы. Структура российского вылова в 2009 г. выглядела следующим образом: на Дальневосточный бассейн приходилось 66%, на Северный бассейн – 9%, на Балтийское море – 1%, на Каспийское море – 1%, на Азовское и Черное моря – 1%, на зоны иностранных государств – 15%, на конвенционные районы и открытую часть Мирового океана – 2%. В связи с ростом потребления морепродуктов рас-



тет импорт рыбы и рыбной продукции. Крупнейшими импортерами сушеной, соленой и копченой рыбы в Россию являются Эстония, Китай, Тайланд и Вьетнам. Более половины импорта этой продукции (52%) обеспечивает Китай. Надо отметить, что объемы поставок из Китая стремительно растут в последние годы. Каждый житель России в среднем в год употребляет в пищу около 22–26 кг рыбы и морепродуктов. При этом европеец съедает более 30 кг в год, а японец – более 60 кг. С 2011 г. спрос на рыбу и морепродукты в России будет ежегодно увеличиваться. Одной из причин роста потребления рыбной продукции является то, что в последнее время люди стали больше внимания обращать на качество своего питания. Рыба и морепродукты являются одними из самых здоровых продуктов.

Рост потребления рыбы в России и возрастание доли импортируемых морепродуктов, в частности, из Китая, и существование вероятности поступления загрязненных продуктов свидетельствуют о целесообразности выборочного контроля морепродуктов на содержание цезия-137 и цезия-134.

Наиболее вероятным является радиоактивное загрязнение ставриды, анчоуса, сардины, скумбрии, сайры, лимонеллы, нерест и нагул которых частично проходит в водах вблизи японских островов. В связи с этим радиационный контроль ввозимых в Российскую Федерацию партий этих видов рыбы представляется целесообразным.

Радиоактивное загрязнение других морепродуктов (моллюски, ракообразные, морские водоросли) возможно только при добыче их вблизи Японии, поэтому радиационному контролю должны подвергаться только морепродукты, вылавливаемые вблизи восточного побережья Японии.

Помимо выборочного мониторинга, целесообразным является информирование населения (особенно дальневосточного региона России) о фактических уровнях загрязнения морепродуктов, основанное на фактических результатах измерений.

Наличие радиационного контроля предполагает существование нормативов, по которым продукция оценивается как соответствующая требованиям безопасности по радиологическим критериям.

В таблице 6 даны сравнительные данные по допустимым уровням загрязнения Cs-134, Cs-137 и I-131, установленным в различных странах [18]. Для сравнения в этой же таблице приведены данные по России.

Таблица 6

**Нормативы на загрязнение морепродуктов в некоторых странах мира [18]**

Страна	Cs-134, Cs-137	I-131
Россия (только Cs-137)	130 (рыба)	
200 (другие морепродукты)	–	
Япония	500	2000
Соединенные Штаты Америки	1200	170
Евросоюз	500	2000
Южная Корея	370	300
Вьетнам	1000	100
Китай	800	470
Codex Alimentarius	1000	100

Из таблицы 6 видно, что в России норматив на цезий-134 отсутствует, а для цезия-137 он является наименьшим из всех представленных в таблице. Следует иметь в виду, что данный норматив был введен после чернобыльской аварии в 2001 г., когда цезий-134 полностью распался и из условия, что потребительская корзина значительной части сельского населения целиком состоит из загрязненных продуктов, включая и лесные продукты. До 2011 г. это был внутренний норматив, распространявшийся только на страны таможенного союза, однако в связи с аварией на АЭС «Фукусима-1» и вступлением России в ВТО возникает проблема гармонизации действующих в России и странах таможенного союза нормативов по допустимому содержанию радионуклидов с международными, в частности, с нормативами Codex Alimentarius [19]. Численные значения уровней содержания радионуклидов в пищевых продуктах, приведенные в Codex Alimentarius, используются в качестве критерия соответствия требованиям безопасности при условии, что доля ввозимой загрязненной продукции в течение первого года после аварии не будет превышать 10% от общего объема потребления в стране – импортере данного вида продукта.

В условиях России, с учетом обширного загрязнения ее территорий в результате аварии на ЧАЭС и аварии на Южном Урале, более приемлемым на первый послеаварийный год является норматив Евросоюза, равный 500 Бк/кг. Однако завоз загрязненных морепродуктов в регионы России, пострадавшие в результате радиационных аварий, целесообразно осуществлять с учетом нормативов, установленных в России.

В последующие годы завозимая в Россию продукция должна соответствовать требованиям, установленным в России, но с учетом вклада в загрязнение продукции <sup>134</sup>Cs в течение 2011–2016 гг.

**Литература**

1. Итоги встречи ЕС-Япония по оценке риска для морской среды аварии на АЭС «Фукусима». <https://webgate.ec.europa.eu/maritimeforum/>
2. Simulation of Radioactivity Concentrations in the Pacific Ocean. Press Release . June 17, 2011. Japan Atomic Energy Agency. <http://www.mext.go.jp/english/incident/1305758.htm>.
3. Ohnishi, T. The Disaster at Japan's Fukushima-Daiichi Nuclear Power Plant after the March 11, 2011 Earthquake and Tsunami, and the Resulting Spread of Radioisotope Contamination. Radiation Research 177(1):1-14. 2012. <http://dx.doi.org/10.1667/RR2830.1>
4. Fukushima Daiichi Nuclear Disaster, March ( 14-31 ) ,2011. <http://fukushima-nuclear-plant.blogspot.com/2012/02/march-14-31-2011fukushima-daiichi.html>
5. Press Release (Apr 02,2011) Out flow of fluid containing radioactive materials to the ocean from areas near intake channel of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Unit 2. <http://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/11040203-e.html>
6. Worldwide marine radioactivity studies (WOMARS). Radionuclide levels in oceans and seas. Final report of a coordinated research project. IAEA-TECDOC-1429. 2005. 187 с.
7. Никитин, А.И. Экспедиционные радиоэкологические исследования в Японском море и северо-западной части Тихого океана после аварии на японской АЭС «Фукусима-1»: предварительные результаты /А.И. Никитин [и др.] // Радиационная гигиена. – 2011. – Т. 4, № 3. – С. 14–35.

8. Tsumune, D. Distribution of oceanic  $^{137}\text{Cs}$  from the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant simulated numerically by a regional ocean model / D. Tsumune [et al.] // Journal of Environmental Radioactivity (2011), doi:10.1016/j.jenvrad.2011.10.007
9. Bailly du Bois, P. Estimation of marine source-term following Fukushima Dai-ichi accident / P. Bailly du Bois [et al.] // Journal of Environmental Radioactivity (2011), doi:10.1016/j.jenvrad.2011.11.015
10. Povinec, P. Radioactivity in the Pacific. Presentation on EU-Japan meeting on the marine environment after Fukushima / P. Povinec. – 3 October 2011. (<https://webgate.ec.europa.eu/maritimeforum/content/2263>)
11. <http://www.pnas.org/content/suppl/2012/03/27/1120794109.DCSupplemental/pnas.201120794SI.pdf>
12. Анализ возможности заражения промысловых рыб в дальневосточных морях и Северо-Западной части Тихого океана. Пресс-релиз от 06.04.2011. (<http://www.tinro-center.ru/tinro/production/main/press/479-2011-04-06-04-02-14>)
13. TRS-422 «Коэффициенты распределения в отложениях и концентрационные множители для биоты в морской среде», МАГАТЭ, 2004. ([http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TRS422\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TRS422_web.pdf))
14. Сивинцев. Ю.В. Техногенные радионуклиды в морях, омывающих Россию. Радиэкологические последствия удаления радиоактивных отходов в Арктические и Дальневосточные моря (Белая книга-2000) / Ю.В. Сивинцев [и др.]. – М.: ИздАТ, 2005.
15. Annual report by Japan Chemical Analysis Center (JCAC). <http://www.kankyo-hoshano.go.jp/en/07/07.html>
16. Information on the Great East Japan Earthquake. <http://www.mhlw.go.jp/english/topics/2011eq/index.html>
17. Новоселова, Е. Российский рынок рыбы, рыбной продукции и рыбной консервации / Е. Новоселова // Russian Food & Drinks Market Magazine. – 2009. – № 9.
18. Morishita, J. To Secure the Safety of Fishery Products. Presentation on EU-Japan meeting on the marine environment after Fukushima / J. Morishita. – 3 October 2011. <https://webgate.ec.europa.eu/maritimeforum/content/2263>
19. Codex Alimentarius Volume 1A: Guideline Levels for Radionuclides in Foods following Accidental Nuclear Contamination for use in International Trade (CAC/GL 5-1989)

**V.S. Repin**

**Radiation-hygienic estimation of the possible levels of Far East sea fruits contamination with long living radionuclides due to the accident on 'Fukushima-1' NPP**

Federal Scientific Organization «Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev», Saint-Petersburg

*Abstract. The information on contamination levels of Pacific ocean sea water and spreading of contaminated water is given for the period of the accident on «Fukushima-1» NPP and after it. Data on fishery areals are represented. The analyses of fish contamination levels is fulfilled. The questions of fish monitoring are discussed.*

*Key words: Fukushima accident, Pacific ocean radioactive contamination, fish, sea fruits, monitoring.*

В.С. Репин  
E-mail: journal@niirg.ru

Поступила: 25.05.2012