

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ ГИДРОБИОНТОВ ОТ РАДИАЦИОННЫХ АВАРИЙ НА АЭС «ФУКУСИМА» И ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

И.И. Крышев, А.И. Крышев

ФГБУ «НПО «Тайфун», г. Обнинск



Представлены оценки дозы облучения объектов морской биоты в марте-мае 2011 г. в прибрежной зоне вблизи аварийной АЭС «Фукусима» и в открытом море. Показано, что для наиболее радиочувствительных морских организмов (рыбы и моллюски) дозы облучения не превышали референтного уровня 10 мГр/сут. В открытом море на удалении в 30 км от АЭС дозы облучения морской биоты были существенно ниже по сравнению с прибрежной зоной вблизи АЭС. Выполнена сравнительная оценка дозы облучения водных организмов в зонах отчуждения Чернобыльской АЭС и АЭС «Фукусима».

Ключевые слова: радиационная авария, АЭС «Фукусима», дозы облучения, морская биота, Чернобыльская авария.

Key words: radiation accident, Fukushima nuclear power plant, radiation doses, marine biota, Chernobyl accident.

В связи с катастрофическим землетрясением и цунами 11 марта 2011 г. на атомной электростанции «Фукусима», расположенной на восточном побережье острова Хонсю (Япония), произошла радиационная авария, сопровождавшаяся поступлением радионуклидов в атмосферу и морскую среду. Предметом исследования является оценка дозы облучения морской биоты, подвергшейся воздействию радиоактивных сбросов аварийной АЭС «Фукусима», а также ее сопоставление с дозами облучения гидробионтов в ближней зоне Чернобыльской АЭС.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ

В качестве исходных данных для оценки дозы облучения объектов морской биоты использовались данные мониторинга за удельной активностью радионуклидов в морской воде в период с 21 марта по 8 мая 2011 г. в двух зонах: в прибрежной части моря в зоне отчуждения вблизи АЭС и в открытом море на удалении около 30 км от АЭС [1–4]. В результате измерения в морской воде были обнаружены ^{58}Co , ^{95}Zr , ^{106}Ru , ^{131}I , ^{132}I , ^{132}Te , ^{134}Cs , ^{136}Cs , ^{137}Cs , ^{140}Ba , ^{140}La и другие. По величине активности и длительности обнаружения наибольшее значение в рассматриваемый период имели из короткоживущих радионуклидов – ^{131}I (с перио-

дом полураспада 8 сут), из долгоживущих – ^{137}Cs (период полураспада 30 лет) и ^{134}Cs (период полураспада 2 года). По этой причине именно эти радионуклиды использовались при оценках дозы. Распределение удельной активности радионуклидов в морской воде было неоднородным в пространстве и неравновесным во времени. Вблизи сбросных каналов в прибрежной части моря диапазон изменений среднесуточной удельной активности составлял 1–50 кБк/л для ^{131}I , 0.1–20 кБк/л для ^{137}Cs и ^{134}Cs . Изменения активности в отдельных пробах были еще больше. В открытой части моря вне зоны отчуждения активность проб воды была значительно ниже по сравнению с прибрежной частью (в среднем в 300–400 раз), т.е. имело место значительное разбавление содержания техногенных радионуклидов в морской воде уже на относительно небольшом расстоянии в 30 км от АЭС.

Оценки дозы облучения биоты производились по методам, изложенным в [5–8]. Доза облучения i -м радионуклидом k -го объекта биоты $D_{i,k}$ складывается из дозы внутреннего облучения от радионуклида, инкорпорированного в ткани и органы водного организма $D_{i,k}^{\text{внутр}}$, дозы внешнего облучения от радионуклидов, содержащихся в воде $D_{i,k}^{\text{внеш, вод}}$ и донных отложениях $D_{i,k}^{\text{внеш, дон}}$:

$$D_{i,k} = D_{i,k}^{\text{внутр}} + D_{i,k}^{\text{внеш, вод}} + D_{i,k}^{\text{внеш, дон}}. \quad (1)$$

Доза внутреннего облучения k -го объекта биоты от инкорпорированного i -го радионуклида рассчитывается по формуле

$$D_{i,k}^{\text{внутр}} = DCF_{i,k}^{\text{внутр}} \cdot C_{i,k} \cdot \tau, \quad (2)$$

где $D_{i,k}^{\text{внутр}}$ – доза внутреннего облучения, Гр; $DCF_{i,k}^{\text{внутр}}$ – фактор дозовой конверсии для внутреннего облучения k -го объекта биоты от i -го радионуклида, (Гр/ч)/(Бк/кг сырого веса); $C_{i,k}$ – удельная активность i -го радионуклида в организме k -го объекта биоты, Бк/кг сырого веса; τ – время облучения, ч.

Доза внешнего облучения k -го объекта биоты от i -го радионуклида, содержащегося в воде, рассчитывается по формуле

$$D_{i,k}^{\text{внеш, вод}} = DCF_{i,k}^{\text{внеш}} \cdot C_i \cdot \alpha_k^{\text{вод}} \cdot \tau, \quad (3)$$

где $D_{i,k}^{\text{внеш, вод}}$ – доза внешнего облучения от i -го радионуклида, содержащегося в воде, Гр; $DCF_{i,k}^{\text{внеш}}$ – фактор дозовой конверсии для внешнего облучения k -го объекта биоты от i -го радионуклида, (Гр/ч)/(Бк/кг); C_i – удельная активность i -го радионуклида в воде, Бк/л; $\alpha_k^{\text{вод}}$ – доля времени, которую k -й референтный организм проводит в воде.

Доза внешнего облучения k -го объекта биоты от i -го радионуклида, содержащегося в донных отложениях, оценивается при консервативном приближении полубесконечной геометрии источника по формуле

$$D_{i,k}^{\text{внеш, дон}} = 0.5 \cdot DCF_{i,k}^{\text{внеш}} \cdot C_i^{\text{дон}} \cdot \alpha_k^{\text{дон}} \cdot \tau, \quad (4)$$

где $D_{i,k}^{\text{внеш, дон}}$ – доза внешнего облучения от i -го радионуклида, содержащегося в донных отложениях, Гр; $DCF_{i,k}^{\text{внеш}}$ – фактор дозовой конверсии для внешнего облучения k -го объекта биоты от i -го радионуклида, (Гр/ч)/(Бк/кг сырого веса); $C_i^{\text{дон}}$ – удельная активность i -го радионуклида в донных отложениях, Бк/кг сырого веса; $\alpha_k^{\text{дон}}$ – доля времени, которую k -й референтный организм проводит вблизи дна.

Численные значения параметров для оценки дозы облучения объектов морской биоты представлены в табл. 1. В качестве референтных объектов биоты были выбраны рыба, моллюски и водоросли. Удельная активность радионуклидов в биоте определялась расчетным путем умножения удельных активностей радионуклидов в морской воде, измеренных в результате радиационного мониторинга [1–2] на величины соответствующих факторов накопления. Значения факторов накопления

Таблица 1

Параметры для оценки дозы облучения морской биоты

| Параметр | Размерность | ¹³¹ I | ¹³⁷ Cs | ¹³⁴ Cs |
|--|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Удельная активность радионуклида в морской воде: | | | | |
| – прибрежная зона | кБк/л | 6.8±3.4 | 2.9±1.4 | 2.6±1.2 |
| – открытое море | Бк/л | 17±10 | 10±6 | 9±5 |
| Равновесный коэффициент накопления радионуклида в рыбе относительно воды | л/кг | 9·10 ⁰ | 4·10 ¹ | 4·10 ¹ |
| Равновесный коэффициент накопления радионуклида в моллюсках относительно воды | л/кг | 1·10 ¹ | 6·10 ¹ | 6·10 ¹ |
| Равновесный коэффициент накопления радионуклида в водорослях относительно воды | л/кг | 1·10 ³ | 5·10 ¹ | 5·10 ¹ |
| Фактор дозовой конверсии внутреннего облучения | | | | |
| – рыбы | (мкГр/ч)/(Бк/кг) | 1.3·10 ⁻⁴ | 1.8·10 ⁻⁴ | 1.9·10 ⁻⁴ |
| – моллюсков | (мкГр/ч)/(Бк/кг) | 1.2·10 ⁻⁴ | 1.5·10 ⁻⁴ | 1.2·10 ⁻⁴ |
| – растений | (мкГр/ч)/(Бк/кг) | 1.0·10 ⁻⁴ | 1.3·10 ⁻⁴ | 9.5·10 ⁻⁵ |
| Фактор дозовой конверсии внешнего облучения | | | | |
| – рыбы | (мкГр/ч)/(Бк/л) | 2.0·10 ⁻⁴ | 2.9·10 ⁻⁴ | 8.1·10 ⁻⁴ |
| – моллюсков | (мкГр/ч)/(Бк/л) | 2.1·10 ⁻⁴ | 3.2·10 ⁻⁴ | 8.7·10 ⁻⁴ |
| – водорослей | (мкГр/ч)/(Бк/л) | 2.3·10 ⁻⁴ | 3.4·10 ⁻⁴ | 9.0·10 ⁻⁴ |

изотопов цезия в рыбе были рассчитаны на основании данных по Дальневосточному региону, представленных в [9], фактор накопления йода-131 в водорослях был оценен по данным наблюдений на территории Чернобыльского радиоактивного следа, остальные факторы накопления были взяты из публикации МАГАТЭ [10]. Факторы дозовой конверсии для внутреннего и внешнего облучения различными радионуклидами объектов биоты приведены в [7–8].

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ МОРСКОЙ БИОТЫ

Усредненные оценки мощности дозы облучения объектов биоты в прибрежной морской зоне вблизи АЭС показывают, что доза внутреннего облучения рыбы и моллюсков, в основном, обусловлена радиоактивными изотопами цезия (табл. 2). Для водорослей имеют место более высокие уровни внутреннего облучения по сравнению с рыбой и моллюсками вследствие аккумуляции ими радиоактивного йода. Поскольку период полураспада ¹³¹I составляет всего восемь суток, доза облучения водорослей будет относительно быстро снижаться со временем при условии прекращения поступления в морскую среду значительных количеств этого изотопа.

Дозы внешнего облучения объектов биоты от воды примерно сопоставимы между собой, и на порядок и более ниже дозы внутреннего облучения. Суммарная мощность дозы внутреннего и внешнего облучения пелагической рыбы в прибрежной морской зоне АЭС «Фукусима» в марте-мае 2011 г. по расчетным оценкам в среднем составляла около 1.2 мГр/сут. Дозы внешнего облучения биоты от донных отложений прибрежной зоны не рассчитывались вследствие отсутствия адекватных количественных оценок параметров, необходимых для проведения такого рода расчетов, в условиях существенной неравновесности распределения радионуклидов в системе вода – донные отложения в исследуемый период.

Таблица 2

Оценка дозы облучения морской биоты в районе аварийной АЭС «Фукусима», 10^{-3} Гр/сут (март-май 2011 г.)

| Компонент дозы | Рыба | Моллюски | Водоросли |
|--|---------|----------|-----------|
| <i>Прибрежная зона отчуждения</i> | | | |
| Внутреннее облучение, в том числе | 1.2 | 1.3 | 17.0 |
| ^{131}I | 0.2 | 0.2 | 16.3 |
| ^{134}Cs | 0.5 | 0.5 | 0.3 |
| ^{137}Cs | 0.5 | 0.6 | 0.4 |
| Внешнее облучение от воды, в том числе | 0.10 | 0.11 | 0.12 |
| ^{131}I | 0.03 | 0.03 | 0.04 |
| ^{134}Cs | 0.05 | 0.06 | 0.06 |
| ^{137}Cs | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| <i>Открытое море</i> | | | |
| Внутреннее облучение, в том числе | 0.0039 | 0.0044 | 0.0434 |
| ^{131}I | 0.0005 | 0.0005 | 0.041 |
| ^{134}Cs | 0.0017 | 0.0017 | 0.001 |
| ^{137}Cs | 0.0017 | 0.0022 | 0.0014 |
| Внешнее облучение от воды, в том числе | 0.00034 | 0.00036 | 0.00036 |
| ^{131}I | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 |
| ^{134}Cs | 0.00017 | 0.00019 | 0.00019 |
| ^{137}Cs | 0.00007 | 0.00007 | 0.00007 |

Дозы облучения биоты в открытом море были существенно ниже по сравнению с прибрежной зоной вблизи АЭС. Для рыбы в открытом море мощность дозы внутреннего облучения составляла около $4 \cdot 10^{-6}$ Гр/сут, что примерно в 300 раз ниже по сравнению с прибрежной зоной. Мощность дозы внешнего облучения морской биоты от воды была на порядок ниже дозы внутреннего облучения.

Для ориентировочных оценок дозы внешнего облучения биоты от донных отложений в открытом море использовали данные о содержании радионуклидов в придонном слое морской воды в апреле 2011 г. [2]. Значения факторов накопления радионуклидов в донных отложениях были взяты из работы [9]. В среднем оцененные мощности дозы облучения гидробионтов от донных отложений в открытом море составляли $8 \cdot 10^{-5}$ Гр/сут и, в основном, были обусловлены радиоизотопами цезия. С учетом таких консервативных оценок суммарные мощности дозы внутреннего и внешнего облучения гидробионтов за пределами 30-километровой зоны АЭС были существенно ниже референтного уровня облучения водной биоты 10 мГр/сут [11–14].

Динамика мощности дозы облучения рыбы оценена двумя способами: с использованием равновесных коэффициентов накопления ^{131}I , ^{137}Cs , ^{134}Cs в рыбе (табл. 1) и с помощью динамической радиозкологической модели ECOMOD, основные положения и уравнения которой изложены в работах [15–19]. Результаты расчетов для прибрежного участка и открытого моря представлены на рис.1. Радиозкологическое равновесие в распределении долгоживущих радионуклидов (^{137}Cs , ^{134}Cs) в системе «вода – рыба» отсутствует спустя два месяца после радиационной аварии на АЭС «Фукусима» как для прибрежного участка вблизи АЭС, так и для

открытого моря, поскольку скорость очищения воды существенно превышает скорость самоочищения рыбы от этих радионуклидов. Максимальные мощности дозы внутреннего облучения рыбы прибрежного участка по равновесной модели оценены для периода 30 марта–2 апреля 2011 г. 4–8 мГр/сут, по динамической модели для этого же периода такие оценки ниже и составляют 0.9–1.2 мГр/сут. Мощности дозы облучения рыбы прибрежного участка в период 1–6 мая 2011 г., оцененные по равновесной модели, составляют 0.02–0.03 мГр/сут, тогда как расчет по динамической модели показывает на порядок более высокие уровни облучения рыб 0.4–0.5 мГр/сут. Таким образом, если в течение первых 20-ти дней после аварии равновесная модель дает более консервативную оценку мощностей доз облучения рыб, то в последующий период использование равновесных коэффициентов накопления будет приводить к занижению оценок уровней загрязнения рыб ^{137}Cs и ^{134}Cs и, соответственно, уровней внутреннего облучения рыб от этих радионуклидов. В целом, за исследуемый период 21 марта–8 мая 2011 г. оценка средней за 49 дней мощности дозы облучения рыб прибрежного участка по равновесной модели 1.2 мГр/сут оказалась более консервативной, чем оценка по динамической модели 0.6 мГр/сут. Средняя мощность доз облучения рыб открытого моря на расстоянии 30 км от АЭС «Фукусима» за исследуемый период оценена по равновесной модели $3.9 \cdot 10^{-3}$ мГр/сут, по динамической модели $1.7 \cdot 10^{-3}$ мГр/сут.

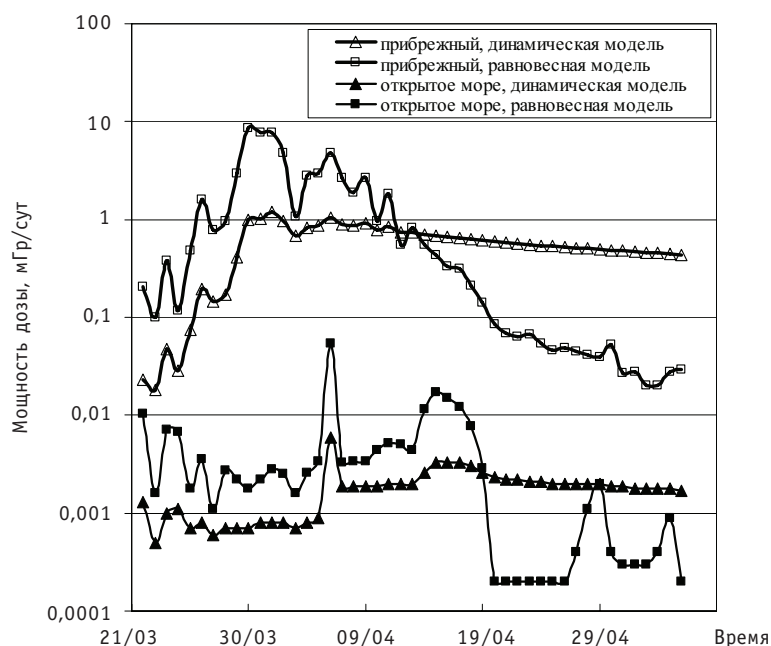


Рис. 1. Динамика изменений мощности дозы внутреннего облучения рыбы в прибрежной части моря вблизи АЭС «Фукусима» (вверху) и в открытом море в 30-ти км от АЭС (внизу)

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ РАДИАЦИОННЫХ АВАРИЙ НА АЭС «ФУКУСИМА» И ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС ДЛЯ ВОДНОЙ БИОТЫ

Имеют место существенные различия в характере и особенностях радиоактивного загрязнения окружающей среды на АЭС «Фукусима» и Чернобыльской АЭС. На АЭС «Фукусима» выбросы радиоактивных веществ произошли на остановленных ядерных реакторах вследствие отказа системы охлаждения в результате катастрофического внешнего воздействия землетрясения. Уровни радиоактивного

загрязнения окружающей среды за пределами зоны отчуждения относительно невелики. На Чернобыльской АЭС аварийный выброс произошел при работающем ядерном реакторе и вызвал загрязнение окружающей среды не только в зоне отчуждения, но и за ее пределами.

Вместе с тем, несмотря на существенные различия в причинах и характере радиоактивного загрязнения радиационных аварий представляет интерес сравнительная оценка их радиозологических последствий для биоты. Для моллюсков водоема-охладителя ЧАЭС мощность дозы внутреннего облучения достигала в апреле-мае 1986 г. 5 мГр/сут, а для рыбы 2.9 мГр/сут [20–22]. Основной вклад в дозу облучения водной биоты вносили ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{103}Ru , ^{106}Ru , ^{131}I , ^{140}Ba , ^{140}La , ^{141}Ce , ^{144}Ce . В последующем по мере распада короткоживущих радионуклидов основное значение в формировании дозы облучения биоты зоны отчуждения стали приобретать ^{137}Cs , ^{134}Cs и ^{90}Sr . При этом мощность дозы облучения к 1987 г. заметно снизилась. По сравнению с Чернобыльской аварией для морской биоты в зоне отчуждения вблизи АЭС «Фукусима» имеют место более низкие дозы облучения: для рыбы – в 2.4 раза, а для моллюсков – в 3.8 раза (рис. 2). Основной вклад в эту дозу вносили ^{137}Cs и ^{134}Cs (более 80 %), а также ^{131}I .

Следует отметить, что по данным радиозологических исследований не наблюдалось значимого радиационного воздействия на водные экосистемы в зонах отчуждения ЧАЭС на биоценоотическом и популяционном уровнях, т.е. эти экосистемы сохранили свою жизнеспособность и видовое разнообразие [23–24].

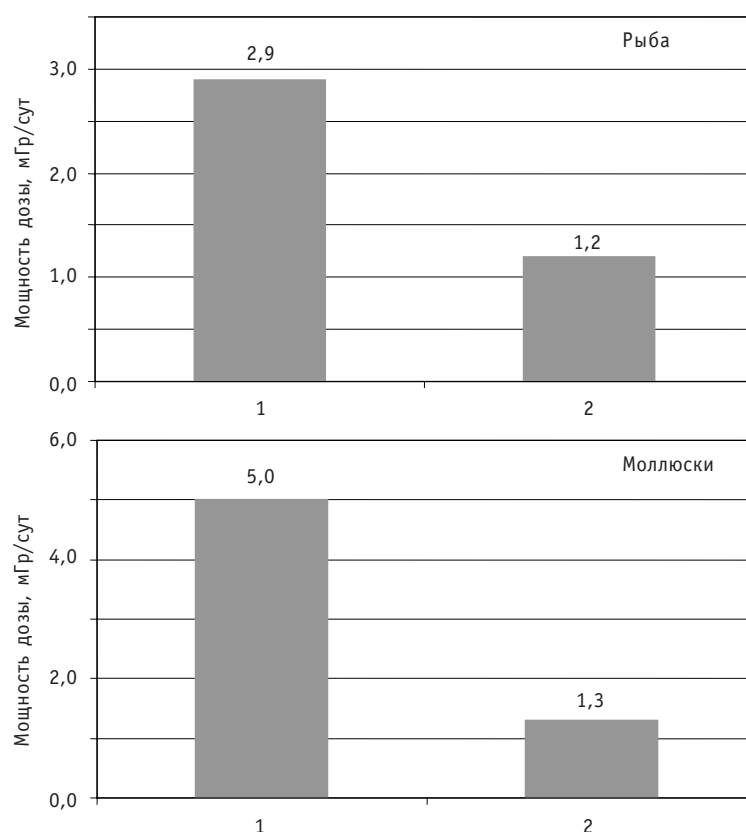


Рис. 2. Мощность дозы внутреннего облучения водной биоты в зонах отчуждения радиационных аварий: 1 – водоем-охладитель Чернобыльской АЭС (апрель-май 1986 г.); 2 – прибрежная морская зона вблизи АЭС «Фукусима» (март-май 2011 г.)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время наряду с обеспечением радиационной защиты человека от воздействия ионизирующего излучения уделяется значительное внимание проблеме радиационной безопасности окружающей среды [8, 14, 25]. Основными целями охраны окружающей среды от радиационного воздействия являются предотвращение или уменьшение частоты эффектов, которые могут привести к преждевременной смертности или снижению репродуктивного потенциала у отдельных видов флоры и фауны; сохранение видов, поддержание биоразнообразия, или сообществ живых организмов, а также надлежащего качества среды обитания.

В связи с огромным видовым разнообразием биосферы методология радиационной безопасности окружающей среды разрабатывается для сравнительно небольшого числа представительных (референтных) объектов. Согласно расчетным оценкам, выполненным на основании данных радиационного мониторинга морской воды в районе АЭС «Фукусима», для наиболее радиочувствительных морских организмов (рыбы и моллюсков) дозы облучения не превышали референтного уровня 10 мГр/сут. В открытом море на удалении в 30 км от АЭС дозы облучения морской биоты были существенно ниже по сравнению с прибрежной зоной вблизи сбросных каналов АЭС.

В целях уточнения радиоэкологической обстановки в морских районах, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на АЭС «Фукусима», рекомендуется включение в программы радиационного мониторинга и комплексных обследований наряду с измерениями удельной активности радионуклидов в морской воде определение их содержания в донных отложениях и представительных объектах морской биоты.

Литература

1. TEPCO. Press Release No. 1-22. Detection of Radioactive Materials from Seawater near Fukushima Daiichi Nuclear Power Station, with attachments. 2011.
2. MEXT – Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology. Readings of Sea Area Monitoring at Post Out of Fukushima Dai-ichi NPP. 2011.
3. IAEA – International Atomic Energy Agency. IAEA Briefings on Fukushima Nuclear Accident. Vienna, 2011.
4. WHO – World Health Organization. Japan earthquake and tsunami. Situation Reports, 2011.
5. Крышев И.И., Сазыкина Т.Г. Имитационные модели динамики экосистем в условиях антропогенного воздействия ТЭС и АЭС. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
6. Kryshev A.I., Sazykina T.G., Strand P., Brown J.E. Radioecological model for dose estimation to Arctic marine biota. In: Proceedings of the 5th International Conference on Environmental Radioactivity in the Arctic and Antarctic, St.Petersburg, 16-20 June 2002. NRPA, Norway, 2002. P. 326-329.
7. Ulanovsky A., Prühl G. Tables of dose conversion coefficients for estimating internal and external radiation exposures to terrestrial and aquatic biota. Radiation and Environmental Biophysics, 2008. Vol. 47 (2), p.195 – 203.
8. UN – United Nations. Effects of radiation on the environment. UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly with Scientific Annexes. Volume II, Scientific Annex E. Effect of ionizing radiation on non-human biota. United Nations, New York, 2011.
9. Сивинцев Ю.В., Вакуловский С.М., Васильев А.П. и др. Техногенные радионуклиды в морях, омывающих Россию. Радиоэкологические последствия удаления радиоактивных отходов в Арктические и Дальневосточные моря (Белая книга-2000). – М.: ИздАТ, 2005.
10. IAEA – International Atomic Energy Agency. Sediment Distribution Coefficients and Concentration Factors for Radionuclides for Biota in the Marine Environment. Technical Reports Series No.422, Vienna, 2004.

11. NCRP – National Council on Radiation Protection and Measurements. Effects of Ionizing Radiation on Aquatic Organisms. NCRP Report N 109, Bethesda, Maryland, USA, 1991.
12. IAEA – International Atomic Energy Agency. Effects of Ionizing Radiation on Plants and Animals at Levels Implied by Current Radiation Protection Standards. Technical Report Series N 332. Vienna, IAEA, 1992.
13. UN – United Nations. Effects of radiation on the environment. UNSCEAR Report. United Nations, New York, 1996.
14. Крышев И.И., Рязанцев Е.П. Экологическая безопасность ядерно-энергетического комплекса России. – М.: ИздАТ, 2010.
15. Sazykina T.G. ECOMOD – An ecological approach to radioecological modelling// Journal of Environmental Radioactivity. – 2000. – V. 50(3). – P. 207-220.
16. Kryshch A.I., Ryabov I.N. A dynamic model of ^{137}Cs accumulation by fish of different age classes// Journal of Environmental Radioactivity. – 2000. – V. 50(3). – P. 221-233.
17. Kryshch A.I. Modelling the accumulation of ^{137}Cs by age-structured fish population. Radioprotection – Colloques, 2002. Vol. 37(C1, 2). P. 627-632.
18. Kryshch A.I. Evaluation of the biological transfer of ^{32}P , ^{137}Cs and ^{65}Zn by fish in the Yenisei River. The Science of the Total Environment, 2004. Vol. 322(1-3). P. 191-207.
19. Kryshch A.I. ^{90}Sr in fish: a review of data and possible model approach. The Science of the Total Environment, 2006. Vol. 370(1). P. 182-189.
20. Kryshch I.I., Sazykina T.G. Assessment of radiation doses to aquatic organisms in the Chernobyl Contaminated Area//Journal of Environmental Radioactivity. – 1995. – V. 28(1). – P. 91-103.
21. Крышев И.И., Алексахин Р.М., Рябов И.Н. и др. Радиоэкологические последствия Чернобыльской аварии. – М.: Ядерное общество СССР, 1991.
22. Kryshch A.I. Modelling of accidental radioactive contamination and assessment of doses to biota of the Chernobyl NPPs cooling pond. In: Proceedings of the Topical Meeting of International Union of Radioecology, Mol, 1 – 5 June 1998. Balen, Belgium, BVG, 1998. P. 32-38.
23. Алексахин Р.М., Булдаков Л.А., Губанов В.А. и др. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры/Под общей ред. Л.А.Ильина и В.А.Губанова. – М.: ИздАТ, 2001.
24. Kryshch I.I., Sazykina T.G. and Beresford N.A. Effects on wildlife. In: Chernobyl – Catastrophe and Consequences/Edited by Smith J.T. and Beresford N.A. – Springer. Praxis Publishing Ltd Chichester, 2005. – P.267-287.
25. МКРЗ – Международная комиссия по радиологической защите. Публикация 91. Основные принципы оценки воздействия ионизирующих излучений на живые организмы, за исключением человека/Пер. с англ. – М.: Изд. «Комтехпринт», 2004.

Поступила в редакцию 17.05.2011

УДК 621.039.51

Calculation Analysis of Maximal Design Leaks in Primary Circuit of VVR-c Reactor (IBB.10M) after Design Modernization \V.V. Sergeev, O.Uy. Kochnov, A. A. Kazantsev; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetica» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 10 pages, 3 tables, 8 illustrations. – References, 3 titles.

Design modernization of the research reactor VVR-C is directed on essential increase of reactor safety, including operation mode during maximal design accidents. The most significant modernization of design from thermal hydraulic point of view are: installation of hydraulic lock on the drain pipeline directly to tank of reactor facility in combination with the top position into the tank the inlet pipeline of the coolant in core. Calculations were performed based on TRAC code. International thermal hydraulic network code TRAC was designed for the safety analysis of water-cooled NPP. Nodalisation scheme of the primary circuit was verified based on existing experimental data from transient mode obtained before modernization of facility. Then consequences of design modernization for a wide range of postulated initial events recommended for SAR were investigated. Calculations of shut down cooling dynamics for reactor facility at natural circulation mode at leaks in the primary circuit, resulting in presented below the fast level decreasing of a coolant into the reactor tank.

УДК 621.039

On the Status of Nuclear Power Engineering as a Science \V.A. Kanke; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetica» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 5 pages. – References, 3 titles.

Nuclear power engineering is seen as a pragmatic science concepts which are values. Criticized the interpretation of the status of nuclear power engineering from the standpoint of physicalism and ideas about applied science.

УДК 621.039

Comparative Estimation of Radiation Dose for Aquatic Biota from Radiation Accidents in the Area of Fukushima and Chernobyl NPP \I.I. Kryshev, A.I. Kryshev; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetica» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 8 pages, 2 tables, 2 illustrations. – References, 25 titles.

Estimates of radiation doses are presented for marine biota in March-May 2011 in the coastal zone near Fukushima NPP and in the open sea. For most radiosensitive marine organisms (fish and mollusks) the radiation doses did not exceed the reference safe level of 10 mGy/day. At the distance 30 km from the NPP in the open sea the radiation doses for marine biota were much lower than those in the coastal zone near the NPP. Comparative estimates were obtained for radiation doses in marine organisms in the exclusion zones of Chernobyl NPP and Fukushima NPP.

УДК 661.879: 541.183

Extraction of Radionuclides from the Water with New High Temperature Resistant Aluminosilicate Adsorbents \A.S. Shilina, V.K. Milinchuk, O.A. Ananieva; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetica» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 8 pages, 4 illustrations. – References, 13 titles.

A simple environmentally friendly low-cost method for the synthesis of aluminosilicate adsorbents, occurring in one-stage process Determined by its static sorption capacity (mg/g) with respect to the cations $Fe^{3+} - 582 \pm 30$, $Ni^{2+} - 120 \pm 20$, $Pb^{2+} - 240 \pm 20$, $Cu^{2+} - 160 \pm 20$, $Sr^{2+} - 226 \pm 11$, $Cs^{+} - 2350 \pm 117$. Established that the sorption capacity of the adsorbent increases 2-3 times after the heat treatment. Aluminosilicate adsorbents have a high thermal, chemical and radiation stability.

УДК 621.039.534

Reactors with Heavy Liquid-Metal Coolants and Some Thermohydraulic Data for them \A.V. Zukov, J.A. Kuzina, V.I. Blozerov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetica» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 13 pages, 1 table, 9 illustrations. – References, 11 titles.

The problem of inherent advanced safety of reactors with heavy liquid-metal coolants is considered