

СОВРЕМЕННОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДОЛГОЖИВУЩИХ ИСКУССТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В РЕКАХ ТОМЬ И ОБЬ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ СБРОСОВ СИБИРСКОГО ХИМИЧЕСКОГО КОМБИНАТА

А.И. Никитин*, И.И. Крышев*, Н.И. Башкиров**, Н.К. Валетова*,
Г.Е. Дунаев*, А.И. Кабанов*, И.Ю. Катрич*, А.О. Крутовский**,
В.А. Никитин*, Г.И. Петренко*, А.М. Полухина*, Г.В. Селиванова**,
В.Б. Чумичев*, В.Н. Шкуро*

*ГУ «НПО «Тайфун» Росгидромета, г. Обнинск

**ГУ «Томский ЦГМС», г. Томск



Приводятся и обсуждаются данные по содержанию ^{90}Sr , ^{137}Cs , $^{239,240}\text{Pu}$ и других искусственных радионуклидов в воде, донных отложениях и пойменных почвах рек Томи и Оби на участке от г. Томска до района их слияния, по которому происходит перенос радиоактивных сбросов Сибирского химического комбината (СХК). Данные получены в 2008 – 2009 гг. в рамках проекта МНТЦ №3547 «Анализ переноса радионуклидов и оценка радиационного риска для населения и объектов природной среды в бассейне речной системы Иртыш–Обь». Результаты наблюдений, проведенных после остановки последнего прямоточного реактора СХК, свидетельствуют об отсутствии радиационно значимых последствий деятельности СХК для изученных объектов водной среды. Современные величины объемной активности долгоживущих искусственных радионуклидов ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239,240}\text{Pu}$ и трития в речной воде ниже установленных для этих радионуклидов уровней вмешательства. Результаты определения трития в воде рек Томи и Самуськи свидетельствуют об отсутствии поступления в поверхностные воды загрязненных пластовых вод полигонов подземной закачки ЖРО СХК. Вместе с тем, плотность загрязнения пойменных почв долгоживущим ^{137}Cs в зоне воздействия жидких сбросов СХК превышает уровень регионального техногенного фона. Наблюдаются локальные участки загрязнения поймы не только ^{137}Cs , но и другими гамма-излучателями, такими как ^{152}Eu и ^{60}Co .

Ключевые слова: Сибирский химический комбинат, жидкие промышленные сбросы, долгоживущие искусственные радионуклиды, содержание, реки Томь и Обь.

Key words: Siberian Chemical Combine, liquid industrial discharges, long-lived artificial radionuclides, content, the Tom and the Ob rivers.

© А.И. Никитин, И.И. Крышев, Н.И. Башкиров, Н.К. Валетова, Г.Е. Дунаев, А.И. Кабанов, И.Ю. Катрич, А.О. Крутовский, В.А. Никитин, Г.И. Петренко, А.М. Полухина, Г.В. Селиванова, В.Б. Чумичев, В.Н. Шкуро, 2010

ВВЕДЕНИЕ

Сибирский химический комбинат (СХК), расположен в Томской области в г. Северске, в 16-ти км к северо-востоку от г. Томска. Комбинат был сдан в эксплуатацию в 1953 г. Основная задача СХК – создание компонентов ядерного оружия, а также наработка делящихся материалов в разной форме, в том числе и энергетического назначения [1]. В плане радиоактивного загрязнения водных систем в результате деятельности СХК, в первую очередь, следует рассматривать водный путь переноса радионуклидов из состава сбросов СХК, т.е. с водами рек Томи и Оби [2]. Основной вклад в содержание радионуклидов в сбросных водах комбината давали ранее выведенные из эксплуатации прямоточные реакторы (последний реактор СХК был остановлен 5 июня 2008 г.). Из водохранилища-отстойника жидкие промышленные сбросы СХК по сбросному каналу поступают в р. Ромашку и далее в р. Томь в районе д. Чернильщиково. В период работы прямоточных реакторов сбросы содержали ^{24}Na , ^{32}P , ^{46}Sc , ^{51}Cr , ^{59}Fe , ^{60}Co , ^{65}Zn , ^{76}As , ^{137}Cs , ^{152}Eu , ^{239}Np , ^{239}Pu и другие радионуклиды. По мере остановки прямоточных реакторов поступление радионуклидов в открытую гидрографическую сеть снижалось, однако сбросы радиоактивных вод, осуществленные в прошлые годы, привели к накоплению радионуклидов в донных отложениях и на прибрежной (затопляемой) части местности [1, 3].

В настоящее время ощущается нехватка данных по современному воздействию радиоактивных сбросов СХК на радиоактивное загрязнение рек Томи и Оби долгоживущими радионуклидами. В ходе проводимого Росгидрометом вблизи СХК (Чернильщиковская протока на р. Томи) в ограниченном объеме мониторинга во время работы реакторов комбината в воде определялось лишь содержание некоторых (в основном, короткоживущих) гамма-излучателей. На обском участке ниже СХК в настоящее время регулярный мониторинг не проводится. Однако при дальнейшем переносе по речной системе роль долгоживущих радионуклидов возрастает (вследствие радиоактивного распада короткоживущих радионуклидов, их осаждения со взвесью в донные отложения). Роль ранее накопленных долгоживущих радионуклидов возрастет также и вследствие остановки всех реакторов СХК. Таким образом, для корректной радиоэкологической оценки имеющаяся информация по содержанию в воде р. Томь короткоживущих радионуклидов должна быть дополнена отсутствующими сейчас данными по содержанию долгоживущих радионуклидов (^{137}Cs , ^{90}Sr , ^3H , $^{239,240}\text{Pu}$ и др.). Другим важным обстоятельством, определяющим необходимость знания современной радиационной обстановки на Томи и Оби ниже СХК, являются планы строительства атомной электростанции (Северской АЭС) в районе СХК. Мониторинг влияния сбросов и выбросов Северской АЭС на радиоактивное загрязнение объектов водной среды будет проводиться в условиях наличия радиоактивного загрязнения от прошлых сбросов СХК, и знание исходной радиационной обстановки крайне необходимо.

В 2008 г. в рамках проекта МНТЦ №3547 «Анализ переноса радионуклидов и оценка радиационного риска для населения и объектов природной среды в бассейне речной системы Иртыш-Обь» начаты наблюдения за содержанием искусственных радионуклидов в водах рек Томи и Оби на участке от г. Томска до района их слияния. Прежде всего специалистами ГУ «НПО «Тайфун» и ГУ «Томский ЦГМС» были организованы систематические наблюдения (ежемесячные наблюдения в течение полного гидрологического цикла) за содержанием ^{137}Cs , ^{90}Sr и трития в воде р. Томь выше и ниже СХК. Кроме того, в августе-сентябре 2008 г. было проведено экспедиционное радиоэкологическое обследование речной системы на участке от г. Томска до района слияния рек Томи и Оби. В ходе экспедиционного об-

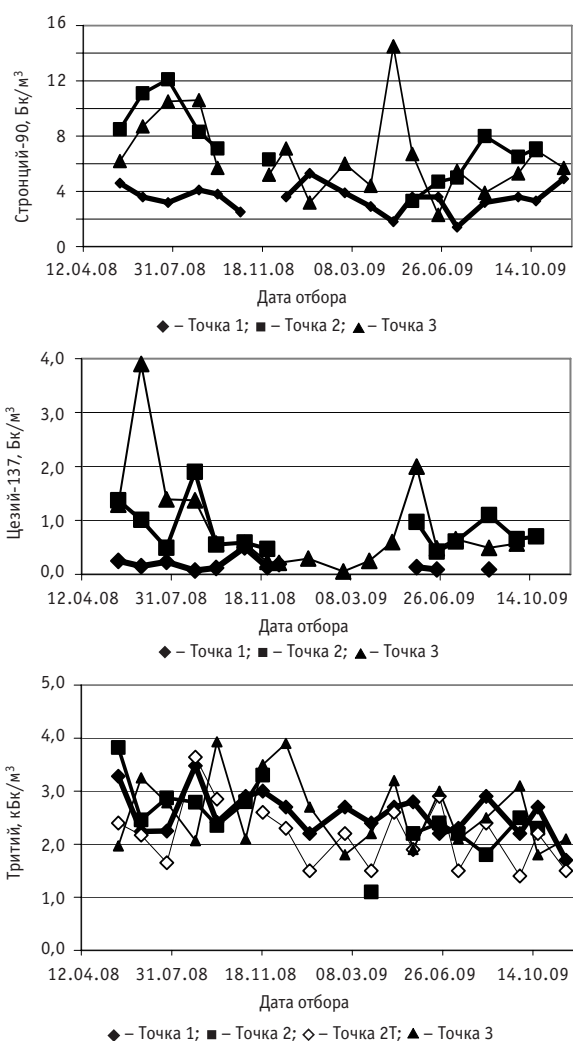
следования отобраны пробы воды для определения ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239,240}\text{Pu}$ и трития, а также пробы донных отложений и пойменных почв для последующего радионуклидного анализа. Наблюдения по проекту будут продолжаться в течение двух лет. В статье приводятся данные по содержанию искусственных радионуклидов в речной воде, донных отложениях и пойменных почвах, полученные к началу 2010г.

МЕТОДОЛОГИЯ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

По своей сути проект МНТЦ №3547 является логическим продолжением проекта МНТЦ №2558 «Радиоэкологический мониторинг рек Тобол и Иртыш. Изучение биогенного переноса радионуклидов и оценка радиационного риска для населения и окружающей среды», в ходе которого был изучен Тобол-Иртышский участок речной системы Обь-Иртыш [4]. В этом проекте основное внимание сконцентрировано на изучении современной радиационной обстановки на обском участке речной системы в относительной близости к СХК. В плане методологии полевых исследований использован тот же самый методологический подход, что и в полевых работах по проекту МНТЦ №2558, а именно, оптимальное сочетание разовых радиоэкологических обследований всего изучаемого участка речной системы с систематическими наблюдениями (в течение всего гидрологического цикла) за содержанием в речной воде наиболее радиоэкологически значимых радионуклидов в ключевых районах. Применявшиеся в ходе работ средства и методы отбора проб водной среды и последующего радионуклидного анализа опи-



Рис. 1. Расположение точек отбора поверхностных вод вблизи СХК (слева) и полученные к концу 2009 г. результаты определения содержания в поверхностных водах ^{90}Sr , ^{137}Cs и трития (справа)



саны в работах [5, 6].

Регулярный отбор поверхностных вод вблизи СХК был организован в следующих точках (рис. 1):

- № 1 – р. Томь выше СХК, в черте г. Томска (фоновая точка);
- № 2 – р. Томь, правый берег, около 8-ми км ниже точки сброса технологических вод СХК, примерно 500 м ниже северной границы санитарно-защитной зоны (СЗЗ) СХК по р. Томь;
- № 2Т – р. Самуська, вблизи устья;
- № 3 – р. Томь, правый берег, д. Орловка, около 20-ти км ниже точки сброса технологических вод СХК.

В ходе лабораторного радионуклидного анализа в точках 1–3 в фильтрате речной воды определялось содержание ^{137}Cs , ^{90}Sr и трития, на взвеси определялся ^{137}Cs

и другие гамма-излучатели. В речке Самуське (точка № 2Т), являющейся водотоком возможной разгрузки пластовых вод полигонов подземного захоронения радиоактивных отходов (РАО) СХК, первоначально планировалось лишь определение трития (третий, входящий в молекулу воды, является наилучшим индикатором появления в поверхностных водах РАО, закачанных в подземные пласты-коллекторы).

Районы отбора проб водной среды во время радиоэкологического обследования в августе-сентябре 2008 г. приведены на рис. 2:

- 1 – р. Томь, г. Томск, фоновый район на Томи;
- 2 – р. Томь, 8 км ниже сброса СХК;
- 2Т – р. Самуська вблизи устья;
- 3 – р. Томь, 20 км ниже точки сброса технологических вод СХК, д. Орловка;
- 4 – р. Томь, 30 км ниже сброса СХК, д. Козюлино;
- 5 – р. Обь, 60 км ниже сброса СХК, 16 км ниже устья Томи;
- 6 – р. Обь, 12 км выше устья Томи, фоновый район на Оби.



Рис. 2. Расположение районов отбора проб водной среды (вода, донные отложения, пойменная почва, речная рыба) во время радиоэкологического обследования рек Томи и Оби в период 24.08.–1.09.2008 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В РЕЧНОЙ ВОДЕ

Систематические наблюдения радиоактивного загрязнения воды реки Томь

Полученные к концу 2009 г. результаты радионуклидного анализа приведены на рис. 1.

Первые данные регулярного мониторинга (май-июнь 2008 г.) выявили некоторое возрастание содержания в воде р. Томь ^{90}Sr (максимум до 12 Бк/м³) и ^{137}Cs (максимум до 4 Бк/м³) после сбросов СХК. После остановки в июне 2008г. последнего реактора СХК началось снижение объемной активности этих долгоживущих

радионуклидов в воде р. Томь ниже точки сброса технологических вод СХК (см. рис. 1). Особенно наглядно спад объемной активности искусственных радионуклидов в воде р. Томь после остановки последнего реактора СХК иллюстрируют данные мониторинга содержания радионуклидов на взвешенном веществе, которые, для большей наглядности, по некоторым гамма-излучателям приведены на рис. 3.

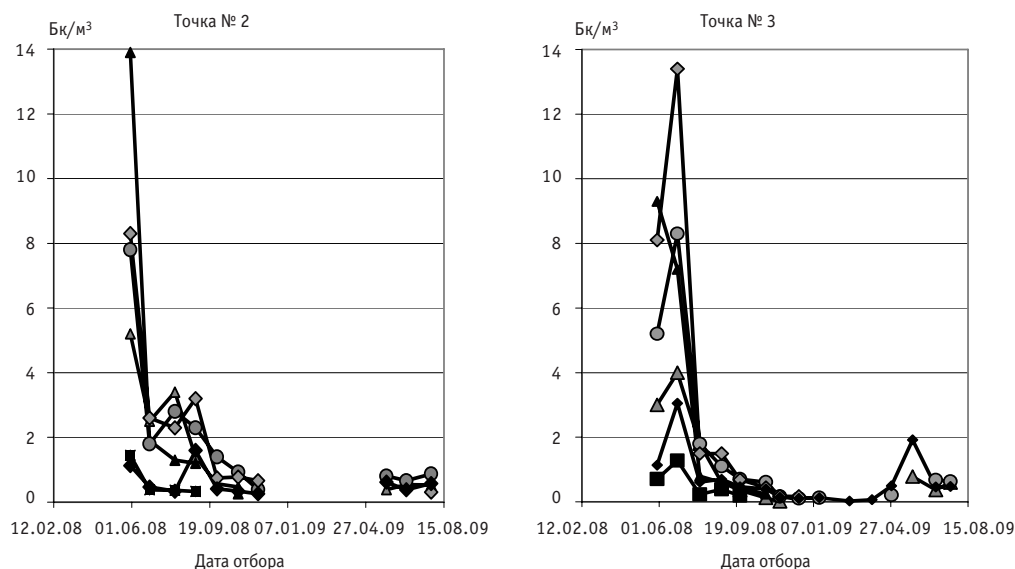


Рис. 3. Изменение содержания (Бк/м³) ^{152}Eu (■), ^{65}Zn (◆), ^{46}Sc (▲), ^{137}Cs (●), ^{54}Mn (△) и ^{60}Co (○) на взвешенном веществе в воде р. Томь в точках систематических наблюдений ниже СХК, начиная с конца мая 2008 г.

Особый интерес представляют полученные данные по ^{90}Sr и тритию. Дело в том, что в 2006г. в печати появилась информация о резком (примерно с 5 Бк/м³ в 2004 г. до 500 Бк/м³ в 2006 г.) увеличении содержания ^{90}Sr в воде р. Оби выше слияния с Иртышом. Возможной причиной резкого возрастания объемной активности ^{90}Sr в воде реки Оби в границах Ханты-Мансийского автономного округа – Югры авторы публикации считали поступление в водную систему Оби долгоживущих радионуклидов, находящихся в подземных хранилищах СХК [7]. Однако полученные нами данные по содержанию долгоживущих радионуклидов ^{90}Sr и трития в поверхностных водах вблизи СХК показали, что поступление радионуклидов из подземных пластов-коллекторов РАО отсутствует. Содержание ^{90}Sr в воде р. Томь после сброса СХК оказалось невысоким. Особенно важным результатом явилось то, что уже данные первых измерений свидетельствовали о том, что деятельность СХК в настоящее время практически не влияет на содержание трития в воде р. Томь (рис. 1) и, в особенности, в воде р. Самуськи (р. Самуська является водотоком, в который возможна разгрузка пластовых вод полигонов подземной закачки ЖРО СХК). Тритий является наилучшим индикатором продвижения загрязненных РАО пластовых вод, и отсутствие повышенных (по сравнению с региональным фоном) концентраций трития в воде Самуськи и Томи свидетельствует об отсутствии поступления загрязненных пластовых вод в поверхностные воды.

Экспедиционное обследование радиоактивного загрязнения рек Томи и Оби на участке от г. Томска до района их слияния

Речная вода. Полученные данные по содержанию в пробах речной воды ^{90}Sr , трития, ^{137}Cs и $^{239,240}\text{Pu}$ приведены (для наглядности в графическом виде) на рис. 4.

Результаты гамма-спектрометрии проб взвешенного вещества приведены в табл. 1.

Обратим внимание на следующее обстоятельство. В ходе радиохимического определения ^{90}Sr в отобранных во время обследования проб воды были определены повышенные значения объемной активности этого радионуклида в водах р. Самуськи (около 30 Бк/м³, рис. 4). Дополнительные измерения содержания ^{90}Sr в

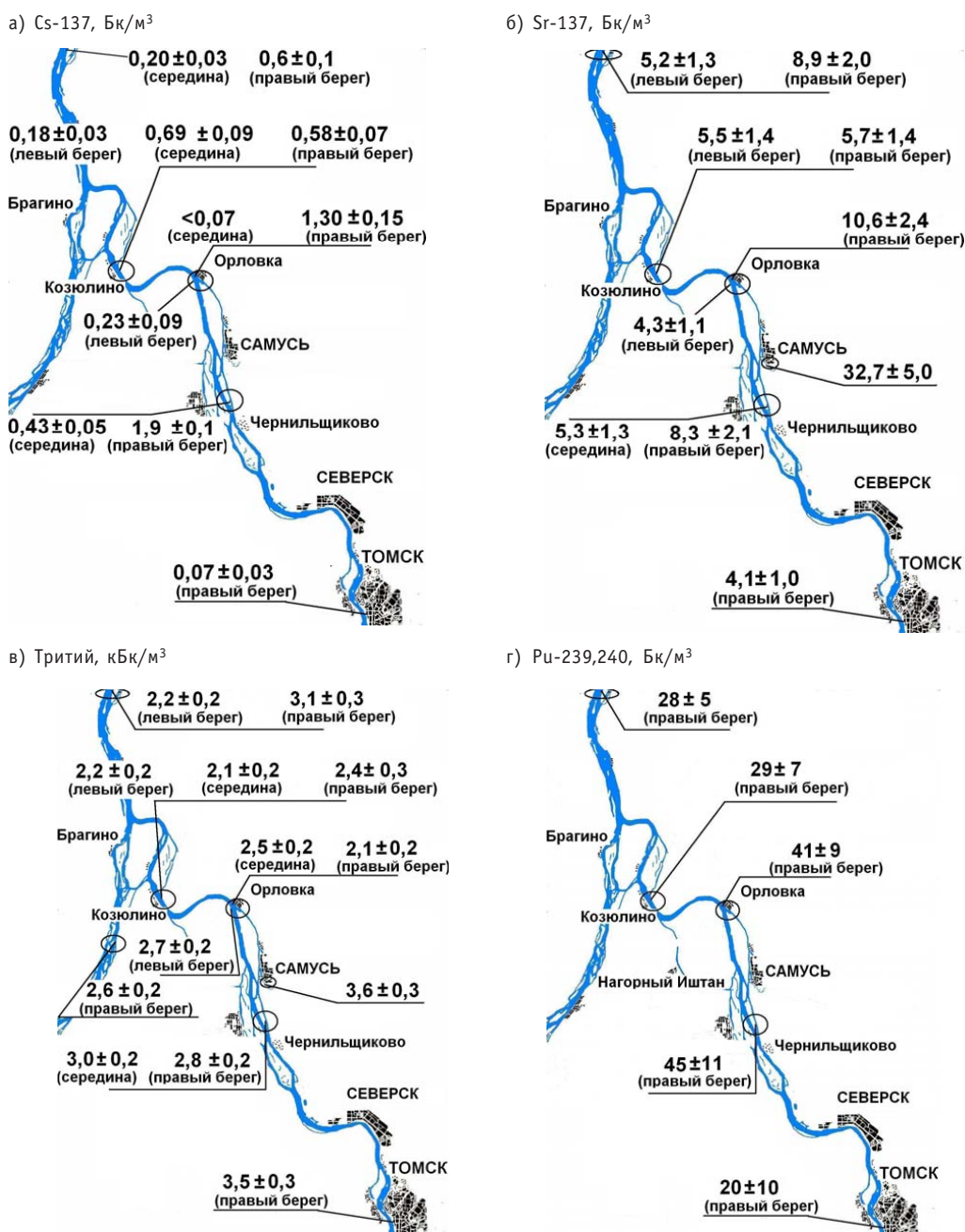


Рис. 4. ^{137}Cs (суммарное содержание на взвеси и в фильтрате), ^{90}Sr (фильтрат), $^{239,240}\text{Pu}$ (фильтрат) и тритий (фильтрат) в пробах речной воды в период радиоэкологического обследования рек Томи и Оби (24.08.–1.09.2008 г.).

Таблица 1

Результаты гамма-спектрометрии проб взвешенного вещества, отобранных на р. Томь и Обь во время обследования в августе-сентябре 2008 г., Бк/м³ на день отбора (данные, полученные к концу 2009 г.)

Район (рис. 2) и дата отбора (2009 г.)	Место отбора	¹⁴⁴ Ce	¹⁵² Eu	¹⁰⁶ Ru	¹³⁷ Cs	⁵⁴ Mn	⁴⁶ Sc	⁶⁵ Zn	⁶⁰ Co
Район 1 – 01.09.	п.б.				0.06±0.02				
Район 2 – 30–31.08.	п.б. (1)	2.5±0.2	0.33±0.06	1.7±0.3	2.4±0.1	1.4±0.1	1.2±0.1	3.2±0.1	2.3±0.1
	п.б. (2)	1.8±0.1	0.37±0.04	1.7±0.1	0.74±0.04	1.3±0.1	1.2±0.1	2.3±0.1	1.7±0.1
	с.	1.4±0.1	0.10±0.03	1.3±0.2	0.30±0.03	0.73±0.07	0.68±0.16	1.1±0.2	0.93±0.06
Район 3 – 29.08.	п.б.	1.1±0.2	0.39±0.06		0.70±0.06	0.55±0.06	0.60±0.09	1.5±0.2	1.1±0.1
	с.				<0.04				
	л.б.				0.12±0.05				
Район 4 – 27–28.08.	п.б.		0.17±0.04		0.36±0.03	0.57±0.04		0.46±0.10	0.36±0.05
	с.	1.5±0.2	0.25±0.05		0.44±0.05	0.59±0.09	0.90±0.24	1.1±0.2	0.74±0.09
	л.б.				0.16±0.02				0.05±0.02
Район 5 – 24–25.08.	п.б.				0.34±0.04	0.31±0.06			0.28±0.05
	с.				0.18±0.02				
	л.б.				0.07±0.02				
Район 6 – 26.08.	п.б.				<0.03				

* – п.б. – правый берег, л.б. – левый берег, с. – середина реки.

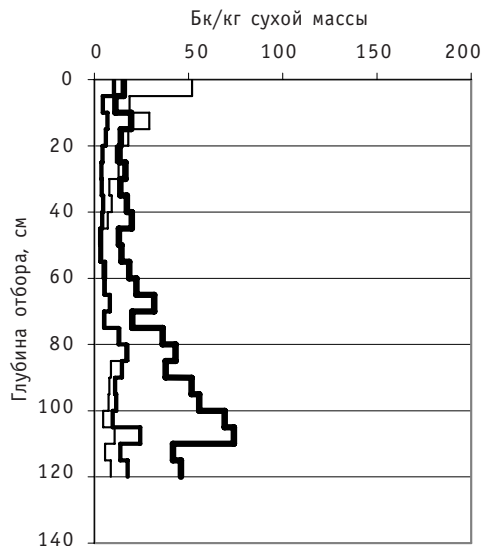
воде р. Самуськи в марте-апреле 2009 г. подтвердили наличие повышенных (диапазон 6–33 Бк/м³) по сравнению с фоновыми (1,4–5,3 Бк/м³, р. Томь, г. Томск) объемных активностей ⁹⁰Sr в воде этой речки. Наиболее вероятной причиной этого факта является загрязнение водосборной территории этой речки после аварии на радиохимическом заводе СХК 6-го апреля 1993 г. [8]. Не исключено также и влияние радиоактивного загрязнения почв водосбора Самуськи в результате многолетнего функционирования СХК. Влияние возможной разгрузки пластовых вод подземных хранилищ радиоактивных отходов СХК как причину повышения ⁹⁰Sr в воде р. Самуськи можно исключить, поскольку, как мы уже отмечали выше, содержание трития в воде р. Самуськи не отличается от содержания радионуклида в расположенной выше СХК фоновой точке № 1.

Содержание изотопов плутония в выборочных пробах речной воды определялось как в ходе регулярных наблюдений, так и во время экспедиционного обследования. Измеренная объемная активность ^{239,240}Pu в воде р. Томи ниже точки сброса СХК составила 70–240 мБк/м³ для взвешенной фракции, 30–60 мБк/м³ для растворенной фракции. Таким образом, объемная активность ^{239,240}Pu в воде р. Томь ниже сбросов СХК в период измерений была существенно ниже УВ по нормативам НРБ-99/2009 (0,55 Бк/кг).

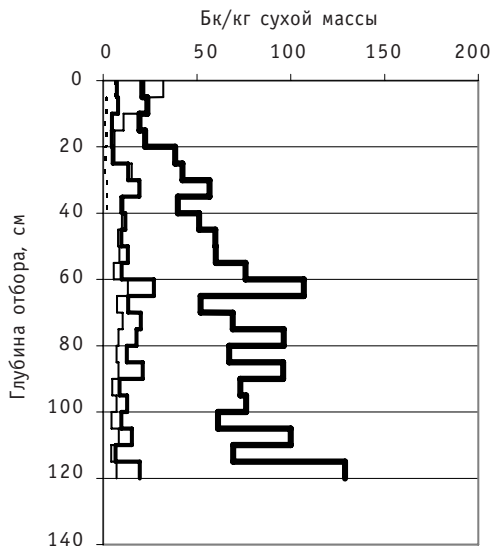
Пойменные почвы и донные отложения. На рисунках 5а, б в сопоставлены вертикальные профили содержания искусственных радионуклидов в пойменных почвах вблизи правого берега р. Томь в районах 2, 3 и 4 (8, 20 и 30 км ниже сброса СХК соответственно). Видно, что удельные активности искусственных гамма-излучателей в слоях пойменной почвы у правого берега р. Томь в этих трех районах сопоставимы. Более того, по ¹³⁷Cs наблюдается даже некоторый рост удельной активности радионуклида в слоях пойменной почвы по мере удаления от точки сброса СХК. По-видимому, это связано с более благоприятными условиями осаждения взвеси из водного потока ввиду возможного уменьшения скорости течения при приближении к более полноводной Оби. Видно также, что во всех трех случаях отбор пойменной почвы на глубину 120 см оказался недостаточным для определения полного глубинного профиля содержания радионуклидов, и для изучения вертикальных профилей содержания искусственных радионуклидов в пойменных почвах необходимы дополнительные исследования. В ретроспективном плане измеренные вертикальные профили содержания долгоживущего ¹³⁷Cs в пойменных почвах правого берега р. Томь ниже сброса СХК, для которых характерно значительное увеличение удельной активности радионуклида с глубиной отбора, отражают улучшение радиационной обстановки на водных объектах в ближней зоне СХК по мере вывода из эксплуатации реакторов комбината (первый прямоточный реактор был остановлен в 1990г. [9]). Пример вертикального распределения содержания искусственных радионуклидов по профилю донных отложений приведен на рис.5г.

Содержание ^{239,240}Pu, ²³⁸Pu и ⁹⁰Sr было определено в выборочных пробах донных отложений и пойменных почв. Полученные к концу 2009г. результаты приведены в табл. 2, в которой (в целях сопоставления) также приведены и удельные активности искусственных гамма-излучателей. Несмотря на довольно высокое содержание ^{239,240}Pu – 2,3–5,7 Бк/кг сухой массы в донных отложениях и 1,4–21,0 Бк/кг сухой массы в пойменной почве, эти измеренные значения существенно (на два порядка величины) ниже МЗУА (граница отнесения донных отложений к радиоактивным отходам), которая, согласно НРБ-99/2009, составляет 1000 Бк/кг как для ²³⁹Pu, так и для ²⁴⁰Pu. Содержание ⁹⁰Sr как в донных отложениях, так и в пойменных почвах оказалось низким – единицы Бк/кг сухой массы и менее.

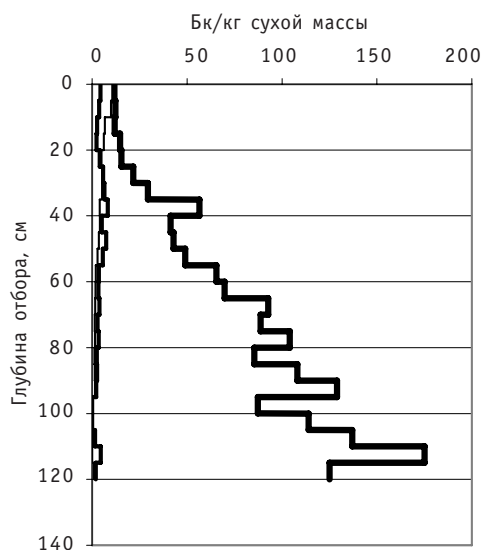
а). Пойменная почва. Район 2.
(8 км ниже сброса СХК)



б). Пойменная почва. Район 3.
(20 км ниже сброса СХК)



в). Пойменная почва. Район 4.
(30 км ниже сброса СХК)



г). Донные отложения. Район 2.
(8 км ниже сброса СХК)

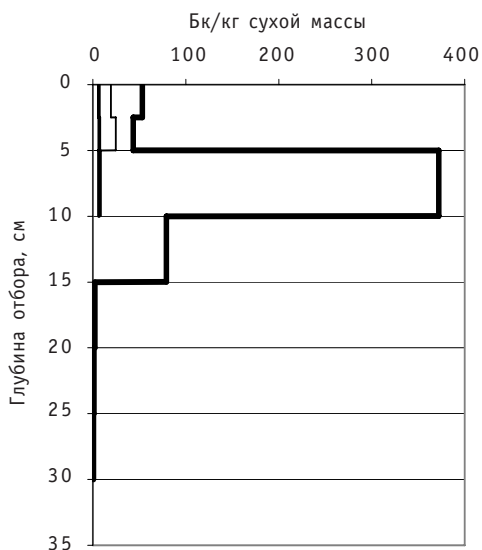


Рис. 5. Вертикальные профили содержания искусственных радионуклидов в пойменных почвах (а, б, в) и донных отложениях (г), отобранных вблизи правого берега р. Томь в период 24.08.–1.09. 2008 г.: — — — — — Cs-137; — — — — — Eu-152; — — — — — Co-60; — — — — — Mn-154;

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные данные о содержании долгоживущих искусственных радионуклидов в воде, пойменных почвах и донных отложениях рек Томи и Оби в период времени после остановки последнего проточного реактора СХК свидетельствуют об отсутствии радиационно значимых последствий деятельности СХК.

Современные величины объемной активности долгоживущих искусственных радионуклидов ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239,240}\text{Pu}$ и трития в речной воде во много раз ниже уста-

Таблица 2

Искусственные гамма-излучатели, изотопы плутония (^{238}Pu , $^{239,240}\text{Pu}$) и ^{90}Sr в выборочных слоях донных отложений и поименных почв, отобранных у правого берега р. Томь (Бк/кг сухой массы)

Слой, см	^{152}Eu	^{144}Ce	^{137}Cs	^{54}Mn	^{46}Sc	^{65}Zn	^{60}Co	$^{239,240}\text{Pu}$	^{238}Pu	^{90}Sr
Донные отложения, район 2, протока Ветряная, у правого берега, 31.08.2008										
0–2,5	6,3±0,7	13±2	53±1	7,3±0,5	3,8±0,7	19±1	20±1	2,3±0,2	0,07±0,02	2,3±0,7
5–10	6,6±1,0		370±2	3,0±0,3	3,1±0,4	7,9±0,7	8,6±0,4	5,7±0,4	0,20±0,10	2,6±0,6
Донные отложения, район 2, протока Ветряная вблизи о. Исаевский, 31.08.2008										
0–2,5	7,4±0,7		21±1	5,4±0,4	7,4±0,6	22±1	23±1	2,5±0,3	0,11±0,04	1,2±0,4
Донные отложения, район 3, протока Кижировская у о. Кижировский, 29.08.2008										
0–2,5	14±2		62±2	5,4±1,1		16±3	29±2	3,6±0,6		1,7±0,3
35–40	6,7±0,8		49±1	1,2±0,3			3,6±0,4	4,2±0,9		3,5±0,7
Пойменная почва, район 2, берег о. Исаевский со стороны протоки Ветряной, 30.08.2008										
0–5	11±0,1	0,90±0,2	16±1	7,3±0,4	23±1	16±2	52±1	2,1±0,3	0,05±0,02	0,8±0,2
55–60	5,6±0,5		19±1				4,3±0,3	1,4±0,1	0,02±0,01	0,6±0,2
105–110	24±1		74±1				11±1	16±1	0,23±0,02	1,4±0,3
Пойменная почва, район 3, берег о. Кижировский со стороны протоки Кижировской, 29.08.2008										
0–5	7,2±0,7		21±1				32±1	2,0±0,4		1,3±0,3
60–65	27±3		110±3				13±2	21±4		3,2±0,6
115–120	20±3		130±4				7,2±1,3	12±2		7,5±1,0

новленных действующими нормативами НРБ-99/2009 уровней вмешательства (УВ).

Накопление искусственных радионуклидов из состава сбросов СХК на пойме и в донных отложениях у правого берега р. Томь не привело к образованию грунтов-радиоактивных отходов на берегах и дне реки. Так, измеренный ниже границы СЗЗ СХК диапазон массовой активности радионуклидов в пойменных почвах правого берега р. Томь составил 11–175 Бк/кг сухой массы для ^{137}Cs , 0,6–7,5 Бк/кг сухой массы для ^{90}Sr , 1,4–21 Бк/кг сухой массы для $^{239,240}\text{Pu}$ при величинах МЗУА 10000, 100000 и 1000 Бк/кг соответственно.

Вместе с тем плотность загрязнения (активность радионуклида на единицу площади) пойменных почв долгоживущим ^{137}Cs в зоне воздействия жидких сбросов СХК превышает уровень регионального техногенного фона. Так, измеренная плотность загрязнения ^{137}Cs пойменных почв по правому берегу р. Томь на расстояниях 8, 20 и 30 км от точки сброса СХК составила 60, 125 и 130 кБк/м² соответственно, при техногенном фоне – около 2 кБк/м². Произошло загрязнение поймы не только ^{137}Cs , но и другими гамма-излучателями с относительно большими периодами полураспада, такими как ^{152}Eu , ^{60}Co , ^{54}Mn .

Данные наших измерений свидетельствуют о том, что деятельность СХК в настоящее время практически не влияет на содержание трития в воде р. Томь и, в особенности, в воде р. Самуськи.

Полученные данные о современной радиационной обстановке на р. Томи и Оби в зоне влияния сбросов СХК также важны и как исходная информация для будущего мониторинга влияния сбросов и выбросов планируемой к строительству Северной АЭС на радиоактивное загрязнение объектов водной среды.

Литература

1. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2008 г./Ежегодник/Под ред. С.М. Вакуловского. – Обнинск: ГУ «НПО «Тайфун», 2009.
2. *Vakulovsky S.M.* Transport of artificial radioactivity by the Ob to the Arctic Seas. In: Environmental Radioactivity in the Arctic and Antarctic. Edited by Per Strand and Elis Holm/Proceedings of the International Conference on Environmental Radioactivity in the Arctic and Antarctic (Kirkenes, 23-27 August, 1993). – P.107-110.
3. *Зубков Ю.Г.* Радиационная обстановка на территории Томской области в 2006 г./Экологический мониторинг: Состояние окружающей среды Томской области в 2006 г. /Гл. редактор А.М. Адам. – Томск: Графика Пресс, 2007. – С.80-95.
4. *Никитин А.И., Чумичев В.Б., Валетова Н.К., Катрич И.Ю., Кабанов А.И., Дунаев Г.Е., Шкуро В.Н., Родин В.М., МIRONENKO А.Н., Киреева Е.В.* Современное содержание ^{90}Sr , ^{137}Cs , $^{239,240}\text{Pu}$ и трития в воде речной системы Тобол-Иртыш (от устья р. Исеть до слияния с р. Обь)/Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2005. – № 3. – С. 26-34.
5. Методика контроля радиоактивного загрязнения водных объектов (МВИ.01.-7/96)/Под ред. А.И. Никитина. Согласовано: директор ЦМПИИ ГП «ВНИИФТРИ» В.П. Ярына, 13.03.1996 г. – Обнинск: НПО «Тайфун», 1995.
6. Методические рекомендации по определению радиоактивного загрязнения водных объектов /Под ред. С.М. Вакуловского. – М.: Гидрометеиздат, 1986.
7. *Трапезников А.В., Николкин В.Н., Коржавина А.В., Трапезникова В.Н., Мигунов В.И.* Результаты трехлетнего радиозэкологического исследования рек Обь и Иртыш в границах Ханты-Мансийского автономного округа (2004 – 2006)/Проблемы радиозэкологии и пограничных дисциплин/Под ред. В.И. Мигунова и А.В. Трапезникова. – Вып. 9. – Екатеринбург. – 2006. – С.77-111.
8. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 1993 г./Ежегодник. Под ред К.П.Махонько. – Обнинск: НПО «Тайфун», 1994.
9. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 1992 г./Ежегодник. Под ред. К.П.Махонько. – Обнинск: НПО «Тайфун», 1993.

Поступила в редакцию 19.03.2010

УДК 539.125.5.03:621.039.512

Interval Estimation of Reactivity \A.G. Yuferov, R.L. Ibragimov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2010. – 7 pages, 2 illustrations. – References, 13 titles.

The algorithms of an estimation of an interval of uncertainty for a reactivity meter are described on the basis of an integral equation of a kinetics.

УДК 504.064

Management of Remediation Measures on Radioactively Contaminated Territories with the use of Multiobjective Optimization \S. Gritsyuk, B. Yatsalo, V. Didenko; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2010. – 11 pages, 3 tables, 2 illustrations. – References, 35 titles.

Optimization of the countermeasure structure on remediation of radioactively contaminated territory is considered. Multiobjective optimization is based on implementation of modified genetic algorithms and treatment of uncertain/fuzzy criteria. Geographic information system (GIS) of contaminated territory is used within the case study analysis on countermeasure optimization. This study demonstrates effectiveness of integration of multiobjective methods, genetic algorithms and GIS within the problems on environmental protection and remediation of contaminated sites.

УДК 504.45: 546.027

Up-to-date Content of Long-Lived Artificial Radionuclides in the Area of the Tom and Ob Rivers Impacted by the Siberian Chemical Combine Discharges \A.I. Nikitin, I.I. Kryshev, N.I. Bashkurov, N.K. Valetova, G.E. Dunaev, A.I. Kabanov, I.Yu. Katrich, A.O. Krutovsky, V.A. Nikitin, G.I. Petrenko, A.M. Polukhina, G.N. Selivanova, V.B. Chumichev, V.N. Shkuro; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2010. – 11 pages, 5 illustrations. – References, 9 titles.

Data are presented and discussed on content of ^{90}Sr , ^{137}Cs , $^{239,240}\text{Pu}$ and other artificial radionuclides in water, bottom sediments and flood-plain soils of the Tom and Ob rivers part from Tomsk to the region of their confluence (through which the radioactive effluents of the Siberian Chemical Combine are transported). Data received in 2008-2009 in frames of the ISTC Project No.3547 «Analysis of radionuclide transport and assessment of radiation risk for population and environmental objects in the Ob-Irtysh river basin».

УДК 621.039.51: 621.039.58

Numerical-Experimental Analysis of Emergency Shut Down Cooling of VVRC Reactor at Loss of ELECTRICAL Supplying of the Circulating Pumps \O.Yu. Kochnov, V.V. Sergeev, A.A. Kazantsev; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2010. – 13 pages, 8 tables, 12 illustrations. – References, 6 titles.

Based on the experiment performed on the pool type research reactor VVRC during operation at emergency condition of shut down cooling and the data obtained on reactor IS RY RBT-6, post-test calculations of dynamics at shut down cooling of facility are carried out at loss of power supply of circulating pumps. In the paper are presented the results of calculations at shut down cooling of reactor VVRC at natural circulation mode, starting from maximal acceptable power. Calculations were carried out with using the international thermal hydraulic code TRAC designed for the analysis of technical safety for water-cooled nuclear power plants.

УДК 621.039.5

Simulation of Transients in the Circuits of Nuclear Power Plants with BN-type Reactors Involving Variable-Speed Drives of Reactor Coolant Pumps \E.Yu. Anishev, V.S. Gorbunov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2010. – 10 pages, 4 illustrations. – References, 4 titles.

Based on the simulation of thermal hydraulic transients, the paper analyzes the advantages of smooth variation of coolant flow in the primary circuits of nuclear power plants with fast neutron reactors.

Maintenance of optimal turbine steam parameters and “softer” transients help to increase power unit cost effectiveness and reduce thermal stresses and temperature gradients in reactor plant vessel structures.

УДК 621.039.5

Parameters of Fluctuations of the Working Body at Pulse Indignations on Pressure in the Second Contour of the Atomic Power Station with VVER-1000 \R.O. Katereev, K.N. Proskurjakov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2010. – 7 pages, 6 tables, 3 illustrations. – References, 5 titles.