

А.В.Торопов¹, Л.П.Рихванов¹, Ю.Г.Зубков²,
Ф.В.Сухоруков³, Г.А.Леонова³

¹Томский политехнический университет, г.Томск, Россия

²ОГУ «Облкомприрода» Администрации Томской области, г. Томск, Россия

³Объединенный институт геологии, геофизики и минералогии СО РАН, г. Новосибирск, Россия

Загрязнение р. Томи широким спектром техногенных радионуклидов выше фоновых значений обусловлено многолетними сбросами ФГУП «Сибирский химический комбинат», образующимися в результате его производственной деятельности [4, 5]. До 1990 г. через технологический канал СХК в р. Томь сбрасывались охлаждающие воды прямооточного реактора И-1, а также двухцелевых реакторов ЭИ-2, АДЭ-3, АДЭ-4 и АДЭ-5. Кроме того, до ввода в 1963 и вывода на полную мощность площадок глубинной закачки жидких радиоактивных отходов в р. Томь частично поступали радиоактивные отходы радиохимического, химико-металлургического, сублиматного заводов СХК при переполнении открытых бассейнов (Б-1, Б-2) и водохранилищ (ВХ-3, ВХ-4). После поэтапной остановки в 1990–1992 гг. реакторов И-1, ЭИ-2 и АДЭ-3 через технологический канал СХК, более известный как р. Ромашка, в Чернильщиковскую протоку р. Томи сбрасываются сточные воды системы охлаждения стержней управления защиты реакторов АДЭ-4 и АДЭ-5, а также часть очищенных до сбросных норм низкоактивных отходов другого происхождения [2].
Материалы и методика

В 1996–2002 гг. на участке р. Томи от г. Томска до устья и вниз по р.Оби до п. Игловск отбирались пробы воды (стационарные посты), донных отложений, аллювиальной почвы, рыбы, водных и околородных макрофитов. Большая часть проб проанализирована на содержание гамма-излучающих радионуклидов, в части биологических проб изучено содержание ⁹⁰Sr и изотопов плутония.

Общая гамма-спектрометрия проб воды, донных осадков, почвы и биоты проводилась в лаборатории отдела радиационной безопасности ОГУ «Облкомприрода» (г.Томск) на гамма-спектрометре «РАДЕК» с ППД ДГДК-100В. Также донные осадки и пробы растений анализировались в Аналитическом центре Объединенного института геологии, геофизики и минералогии (АЦ ОИГГиМ) (г.Новосибирск) на коаксиальном HP Ge ППД EGPC 20-1.80-SHF 00 30А (производство фирмы EURISYS MEASURES (Франция). Минимально измеряемая активность (МИА) для различных радионуклидов составила в среднем около 1 Бк/кг.

Анализ части биологических проб на содержание ⁹⁰Sr и изотопов плутония (²³⁸Pu и ²³⁹+²⁴⁰Pu) проводился в АЦ ОИГГиМ. Определение активности ⁹⁰Sr в пробах рыбы и растений проводилось по [1] по измерению активности его

ОСОБЕННОСТИ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В БИОГИДРОЦЕНОЗЕ НИЖНЕЙ ТОМИ

дочерного изотопа ⁹⁰Y на радиометре РУБ-01П с использованием низкофонового блока детектирования БДЖБ-06П. Активность изотопов плутония (²³⁸Pu и ²³⁹+²⁴⁰Pu) в пробах растений определялась на одноканальном альфа-спектрометре 7184 фирмы EURISYS MEASURES (Франция) после радиохимического выделения, проводимого по методике изложенной в работе[3].

Активность радионуклидов приводится в пересчете на время пробоотбора и сырой вес. Содержание в пробах ³²P и трития, присутствующих в сбросных водах СХК [5, 6], нами не анализировалось.
Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований выявлен ряд особенностей в сформировавшейся радиэкологической ситуации в зоне влияния сбросов СХК.

Радионуклиды в воде нижней Томи. В водах нижней Томи от устья р.Ромашка присутствует 18 короткоживущих гамма-излучающих радионуклидов (T_{1/2} от 2,58 часов у ⁵⁶Mn до 284 суток у ¹⁴⁴Ce), из них 10 активационной и 8 осколочной природы. Наведенные радионуклиды: ²⁴Na, ⁴²K, ⁴⁶Sc, ⁵¹Cr, ⁵⁴Mn, ⁵⁶Mn, ⁵⁹Fe, ⁶⁵Zn, ⁷⁶As, ²³⁹Np. Осколочные радионуклиды: ⁸²Br, ⁹⁹Mo, ¹²⁵Sb, ¹³¹I, ¹³³I, ¹⁴⁰La, ¹⁴⁰Ba. При этом ⁵⁴Mn, ⁶⁵Zn, ¹⁴⁰La и ¹⁴⁰Ba фиксировались только в месте выпуска из сточных вод комбината из водохранилища ВХ-1. Их отсутствие в устье р. Ромашки (активность < 1 Бк/л) объясняется разбавлением сбросных вод СХК сточными водами ТЭЦ СХК и очистных сооружений г. Северска. Попадание вышеприведенных радионуклидов в р. Томь подтверждается их обнаружением в водных макрофитах устья р. Ромашки (см. ниже).

Единично в пробах воды отмечено присутствие долгоживущих осколочных ¹²⁵Sb (T_{1/2}= 2,77 лет) и ¹⁵²Eu (T_{1/2}=13,6 лет), а также активационного радионуклида ⁶⁰Co (T_{1/2}= 5,27 лет).

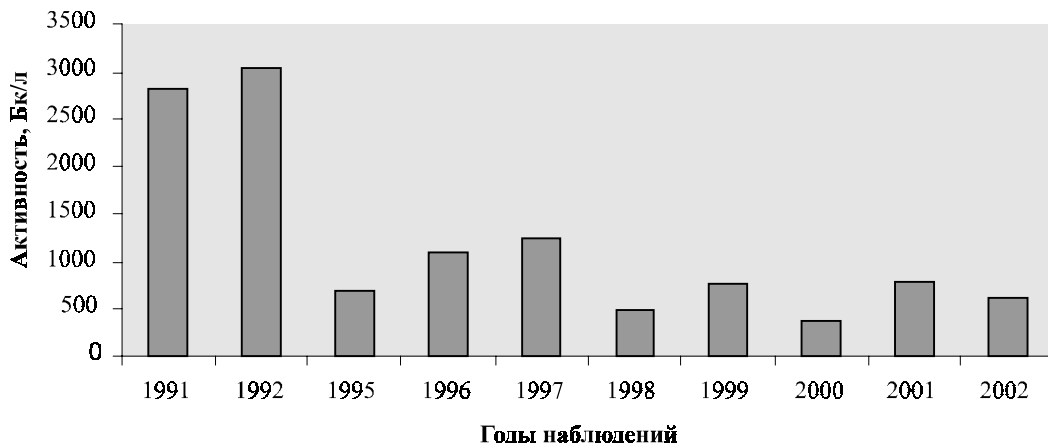
Максимальные содержания в воде нижней Томи, подверженной влиянию сбросов СХК, отмечены для ²⁴Na: в выпуске ВХ-1 - 11984 Бк/л, в устье р.Ромашка - 3550 Бк/л и у н.п.Чернильшиково - 775 Бк/л.

В среднем за годы наблюдений 98% активности гамма-излучателей, поступающих в биогидроценоз нижней Томи со сбросами СХК, приходится на ²⁴Na (85%), ⁷⁶As (6,2%), ²³⁹Np (4,5%) и ⁴²K (2,3%). Вклад других гамма-излучающих радионуклидов не более 1% каждого и в сумме около 2% ежегодно.

За годы наблюдения с 1996 по 2002 содержание

короткоживущих гамма-излучающих радионуклидов в исследованных створах сильно варьировало в зависимости от уровня воды и мощности работы реакторов СХК и практически не снизилось (рис. 1).

Рис. 1. Суммарная активность гамма-излучающих радионуклидов в воде устья р.Ромашка в 1991–1992, 1995–2002 гг. (1991, 1992, 1995 гг. – данные ЦГСЭН г. Северска; 1996–2002 гг. – наши данные).



Радионуклиды в донных осадках и аллювиальной почве нижней Томи. В донных осадках и аллювиальной почве нижней Томи вниз по течению от устья р. Ромашки присутствуют 15 гамма-излучающих радионуклидов. Радионуклиды наведенной активности: ^{22}Na , ^{46}Sc , ^{51}Cr , ^{54}Mn , ^{59}Fe , ^{60}Co , ^{65}Zn , ^{120}Sb . Радионуклиды осколочной активности: ^{103}Ru , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{140}Ba , ^{141}Ce , ^{152}Eu , ^{154}Eu . При этом на всем протяжении от устья р. Ромашки до устья р. Томи в верхних горизонтах донных осадков фиксируются ^{137}Cs , ^{60}Co и ^{152}Eu .

Для большинства гидробионтов наиболее важную роль играют радионуклиды, содержащиеся именно в самом верхнем слое донных осадков. Не только, как непосредственно вовлекаемые в их пищевые цепочки, но и дающие основной вклад во внешнее облучение придонных организмов. Содержание основных техногенных радионуклидов в поверхностном 5-см слое донных отложений нижней Томи приведено в таблице 1 (табл. 1).

Таблица 1

Содержание основных техногенных гамма-излучающих радионуклидов в 5-сантиметровом слое донных осадков р.Томи, Бк/кг

Пункт	^{60}Co	^{137}Cs	^{152}Eu
Выше Чернильщиковской протоки	-	-	-
Чернильщиковская протока	670	812	126
От устья Чернильщиковской протоки до п. Самусь	33	19	6,7
Кижировская протока	32	19	7,4
Орловка	26	22	18
Козюлино	30	18	19

Неравномерность распределения радионуклидов в донных осадках нижней Томи проявляется уже на первых километрах при движении вниз по течению от устья сбросов СХК (устье р.Ромашка).

При этом наибольший вклад в активность донных осадков ближнего района сбросов СХК в р. Томь вносит короткоживущий ^{65}Zn (рис. 2).

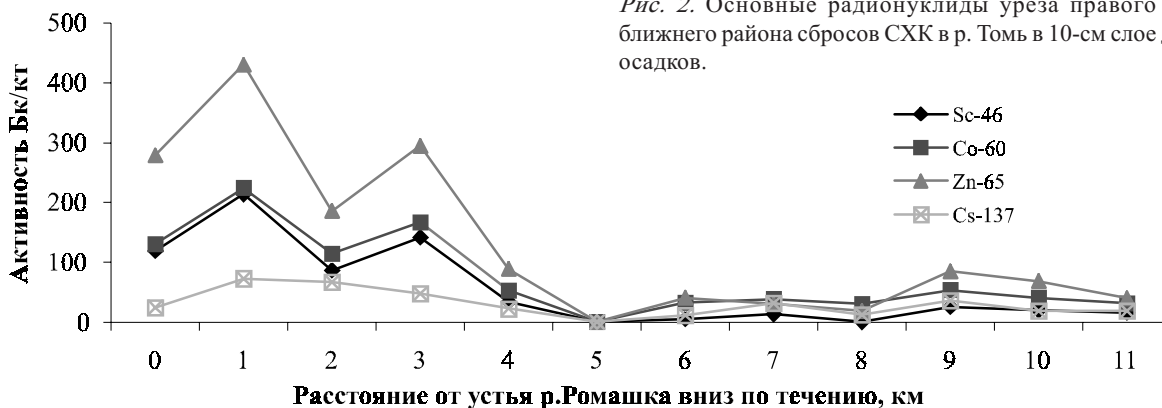


Рис. 2. Основные радионуклиды уреза правого берега ближнего района сбросов СХК в р. Томь в 10-см слое донных осадков.

В донных осадках и пойменной почве ближнего района сбросов с годами содержание техногенных радионуклидов сильно меняется, что зависит прежде всего от силы весенних паводков, во время которых переносится наибольшее количество взвеси.

Изучение вертикального распределения радионуклидов в донных осадках и аллювиальной почве показало преимущественное загрязнение верхних горизонтов: 10-см слой для донных осадков и 20-сантиметровый слой для почвы.

В донных осадках озер террасы и поймы правобережья р. Томи в СЗЗ и ЗН СХК не наблюдается повышенного содержания ^{137}Cs кроме оз. Черного, непосредственно прилегающего к площадкам глубинного захоронения ЖРАО СХК.

Радионуклиды в макрофитах нижней Томи.
Для исследования на содержание гамма-излучающих радионуклидов в макрофитах были отобраны виды трех экологических групп: пойменная осока (*Carex sp.*), околотовый вейник лангсдорфа (*Calamagrostis langsdorffii*), погруженные роголистник (*Ceratophyllum demersum*) и рдест блестящий (*Potamogeton lucens*). Пробы рдеста также анализировались на содержание изотопов плутония и ^{90}Sr .

По результатам анализов осока и вейник лангсдорфа характеризуются сравнительно низким качественным и количественным составом техногенных гамма-излучающих радионуклидов. В осоке из Чернильщиковой протоки р. Томи обнаружены (в скобках приведена максимальная активность, Бк/кг): ^{46}Sc (87), ^{54}Mn (68), ^{60}Co (88), ^{65}Zn (257), ^{137}Cs (23), ^{152}Eu (34), ^{154}Eu (23). Еще беднее качественный и количественный состав гамма-излучающих радионуклидов в вейнике лангсдорфа из Чернильщиковой протоки (в скобках приведена максимальная активность, Бк/кг): ^{46}Sc (6,6), ^{51}Cr (78),

^{54}Mn (13), ^{60}Co (7), ^{65}Zn (77), ^{137}Cs (12), ^{141}Ce (13). Максимальный коэффициент накопления (КН) по отношению к почве равный 6,8 зафиксирован у ^{54}Mn из осоки.

В гидрофитах *Ceratophyllum demersum* и *Potamogeton lucens* обнаружено 22 гамма-излучающих радионуклида, в последнем дополнительными радиохимическими методами обнаружено присутствие изотопов плутония и ^{90}Sr . Наибольшее абсолютное содержание в гидрофитах ближнего района сбросов отмечено для (в скобках активность в Бк/кг): ^{24}Na (1008 – 6935), ^{51}Cr (212 – 4204), ^{65}Zn (456 – 2467), ^{74}As (47 – 4041), ^{76}As (2141 – 7797) и ^{239}Np (2296 – 15000). Наибольшие КН отмечены для ^{51}Cr (>212->4204), ^{140}La (>123->1000), ^{65}Zn (>456->2457), ^{46}Sc (>63->1246) и ^{74}As (>4041).

Таким образом, из пойменных, околотовых и водных высших растений биогидроценоза нижней Томи только гидрофиты могут служить объектами фитоиндикации присутствия техногенных радионуклидов, в том числе не обнаруживаемых в воде при МИИ менее 1 Бк/л.

Оптимальным референсным видом мониторинга присутствия в воде нижней Томи техногенных радионуклидов является рдест блестящий *Potamogeton lucens*, при схожем спектре аккумулируемых радионуклидов он встречается чаще в разных пунктах нижней Томи.

В устье р.Ромашки, через которую осуществляется сброс сточных вод СХК в р.Томь, содержание всех определяемых радионуклидов в рдесте многократно выше условно-фоновой участка р. Томи (Новый мост). Однако в районе устья р.Томи (Козюлино) содержание изотопов плутония в нем всего в 2 раза больше, чем в условно-фоновом участке, содержание гамма-излучающих радионуклидов так же меньше МИИ, как и в условно-фоновом участке, а содержание ^{90}Sr даже несколько меньше (рис. 3).

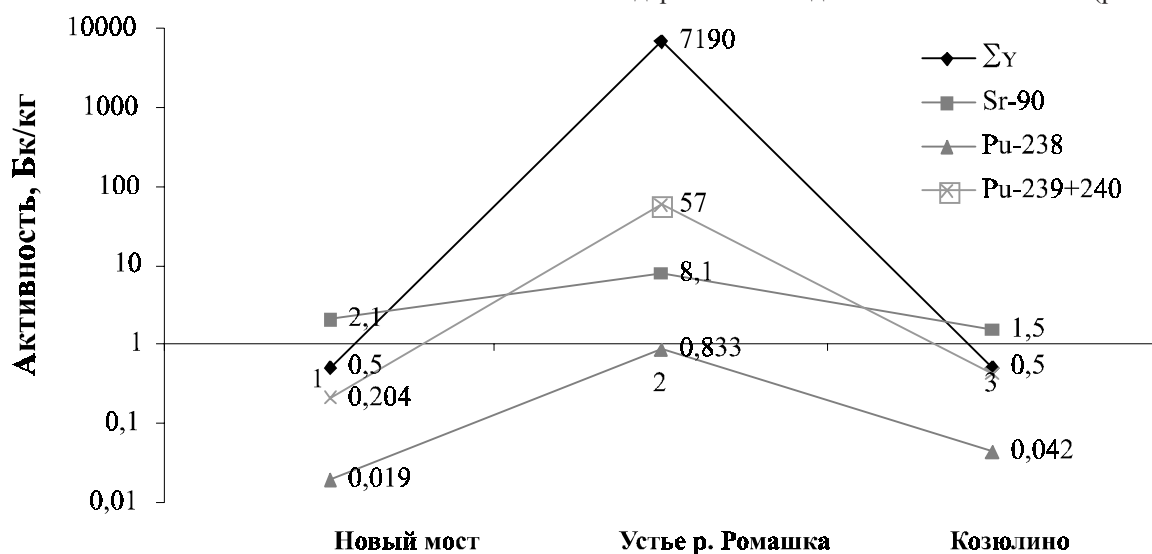


Рис. 3. Логарифмированная кривая содержания техногенных радионуклидов в рдесте блестящем (*Potamogeton lucens*) из разных пунктов нижней Томи ($\Sigma\gamma$ – сумма гамма-излучающих радионуклидов).

Радионуклиды в рыбе нижней Томи. В уловах, производимых в рамках исследований на участке нижней Томи от устья р. Басандайки (выше по течению г.Томска) до устья, на участке р. Оби от с.Шегарское до с.Игловск, в некоторых пойменных и террасных озерах СЗЗ и ЗН СХК, было определено 11 видов рыб из 6 семейств, относящихся к 5 отрядам: стерлядь (*Acipenser ruthenus marsiglii*), муксун (*Coregonus muksun*), щука (*Esox lucius*), плотва (*Rutilus rutilus lacustris*), язь (*Leuciscus idus*), елец (*Leuciscus leuciscus baicalensis*), лещ (*Abramis brama*), карась серебряный (*Carassius auratus gibelio*), сазан (*Cyprinus carpio carpio*), налим (*Lota lota*), судак (*Luciopeca luciopeca*) (табл. 2). Линь (*Tinca tinca*) отмечен в уловах только в террасных озерах.

Из таблицы 2 видно, в объектах ихтиофауны исследуемого района обнаружено 9 гамма-излучающих радионуклидов. При этом основным радионуклидом для большинства видов рыб из разных пунктов наблюдений является ^{65}Zn . Наиболее удобным референсным видом рыбы является карась. Содержание ^{90}Sr в мышечной ткани карася из устья р. Ромашки невелико в среднем 5,5 Бк/кг. Альфа-излучающие радионуклиды в пробах разных частей тела карася не обнаружены.

Выводы

В различных объектах биогидроценоза нижней Томи обнаружено присутствие 29 техногенных гамма-излучающих радионуклидов, в том числе короткоживущих, типичного бета-излучающего радионуклида ^{90}Sr и изотопов плутония.

В воде нижней Томи ниже устья р. Ромашки фиксируется присутствие 18 короткоживущих гамма-излучающих радионуклидов, наибольший вклад в сбросы СХК вносят ^{24}Na , ^{42}K , ^{76}As , ^{239}Np .

Донные осадки и пойменная почва исследуемого района загрязнены 15 коротко- и долгоживущими гамма-излучающими

радионуклидами, среди которых основной вклад в активность на всем протяжении от устья сбросов до устья р. Томи вносят ^{137}Cs , ^{60}Co и ^{152}Eu . Загрязнение донных осадков техногенными радионуклидами неравномерное.

Биота нижней Томи накапливает радионуклиды из сбросов СХК. Высшие водные растения и, прежде всего, рдест блестящий (*Potamogeton lucens*) являются референсными объектами для радиоэкологического мониторинга в районе сбросов СХК. С их помощью можно фиксировать поступление в р. Томь радионуклидов, содержащихся в воде с активностью ниже МИА.

Референсным видом среди объектов ихтиофауны является карась (*Carassius auratus gibelio*).

Литература

1. Инструкция к методическим указаниям по оценке радиационной обстановки на загрязненной территории. Принята Методической секцией Межведомственной комиссии по радиационному контролю природной среды при Госкомгидромете СССР 17.03.1989 г.
2. Обоснование безопасности захоронения жидких радиоактивных отходов Сибирского химического комбината. – М.: ВНИИПромтехнологии, 2000.
3. Павлоцкая Ф.И., Мясоедов Б.Ф. Определение трансураниевых элементов в объектах природной среды. Радиохимия, т. 38, вып. 3, 1996, 193-209.
4. Рихванов Л.П. Общие и региональные проблемы радиоэкологии. – Томск: Изд-во ТПУ, 1997. – С. 84-85.
5. Экологический мониторинг. Состояние окружающей природной среды Томской области в 1999 году:– Обзор.– Госкомэкологии Томской обл. Томск, 2000. – С. 63-65.
6. Экологическое и социально-экономическое состояние, охрана окружающей среды, использование природных ресурсов в г. Северске Томской области в 1999 г. – Северск, 2000. – С. 47-49.

Е.Н. Ядренкина, Е.А. Интересова
Институт систематики и экологии животных СО РАН,
Новосибирск

РЕКИ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ ГЛАЗАМИ ИХТИОЛОГА

Обращаясь к тематике рек Новосибирской области, мы предприняли попытку расширить свои знания по вопросам гидрологии, гидрохимии и ландшафтной экологии с помощью многочисленных поисковых систем Internet, и с удивлением обнаружили отсутствие современных сведений о состоянии водотоков региона. Основная информация, широко доступная пользователям, связана со сводками по аварийным ситуациям на производстве, которые, так или иначе, коснулись прилегающих водоемов.

Часто с целью ознакомления общественности приводятся правила рыболовства, освещаются вопросы безопасности во время купания. Единично встречаются заметки о захлавлении берегов рек твердыми бытовыми отходами в местах расположения дачных участков. Описание рек области в проспектах туристических фирм в основном ограничивается несколькими словами о рыбалке и комфортном отдыхе на берегах Обского водохранилища и Бердского залива. Как это ни странно, но тем самым складывается впечатление о скудности