

# $^3\text{H}$ , $^{90}\text{Sr}$ , $^{137}\text{Cs}$ , $^{239,240}\text{Pu}$ В СИСТЕМЕ РЕКИ ТЕЧА

**Представлены данные исследований радиоактивного загрязнения верховьев реки Теча, ее притоков и обводных каналов. Вода реки Теча наиболее загрязнена в верхнем течении от Асанова моста до н.п. Муслиумово. Удельная активность  $^{90}\text{Sr}$  в воде на этом участке  $17,1 \pm 2,2$  Бк/л,  $^{137}\text{Cs}$  –  $1,0 \pm 0,4$  Бк/л,  $^3\text{H}$  –  $240 \pm 33$  Бк/л,  $^{239,240}\text{Pu}$  –  $0,019 \pm 0,02$  Бк/л. Основной источник загрязнения воды  $^{137}\text{Cs}$  – фильтрат плотины водоема В-11 и пойменная почва. Источник загрязнения  $^{90}\text{Sr}$  – канал из оз. Бердениш и фильтрация из В-11. В пойме реки Теча в наибольшей степени загрязнена почва Асановских болот. Активность  $^{137}\text{Cs}$  здесь в настоящее время до  $1,6 \times 10^6$  Бк/кг,  $^{90}\text{Sr}$  – до  $5,5 \times 10^4$  Бк/кг,  $^{239,240}\text{Pu}$  – до  $2,4 \times 10^3$  Бк/кг.  $^{90}\text{Sr}$  в донных отложениях и в постоянно увлажненных почвах мигрирует на большую глубину и аккумулируется в различных слоях.  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{239,240}\text{Pu}$  в болотной почве содержатся, в основном, в слое 20-40 см; в дерновой почве – в поверхностном слое.**

## Введение

**В** результате деятельности ПО «Маяк» длительное время загрязняется радиоактивными отходами система реки Теча. В период 1949-1954 гг. в речную систему поступило, в частности:  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  – 47,1 кКи,  $^{137}\text{Cs} + ^{137\text{m}}\text{Ba}$  – 49,9 кКи [1]. С 1956 по 1964 гг. верховье реки было перекрыто каскадом плотин (Теченский каскад водоемов – ТКВ), которые позволили локализовать большую часть депонированных в верховьях радиоактивных веществ. В настоящее время источник реки формируется ниже плотины технологического водоема В-11 за счет сброса воды из левобережного обводного канала (ЛБК), правобережного обводного канала (ПБК) и фильтрации под плотинной водоема В-11 [2]. ЛБК используется для перехвата и отведения поверхностного и подземного стока с территорий, расположенных к северу от ТКВ и для отведения сточных вод г. Озерска. В ПБК поступает вода из реки

**Н.Н. Казачёнок\***,

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН Уральский научно-практический центр радиационной медицины ФМБА России

**И.Я. Попова,** старший научный сотрудник, ФГБУН Уральский научно-практический центр радиационной медицины ФМБА России

Мишеляк, сточные воды из пос. Новогорный и Аргаяшской ТЭЦ, поверхностный и подземный сток с территорий к югу от ТКВ [3].

В ТКВ накоплено около  $3,1 \cdot 10^5$  Ки долгоживущих  $\beta$ -активных нуклидов. Фильтрация загрязненных вод в открытую гидрографическую систему реки Теча происходит под боковыми ограждающими дамбами в ПБК и ЛБК, а также под телом плотины водоема В-11 [4-6]. Распространение Карачаевской линзы также может оказывать влияние на загрязнение речной системы. Еще до 2007 г. ареалы распространения нитрат-иона,  $^{90}\text{Sr}$ , U,  $^{60}\text{Co}$  перекрывали русло реки Мишеляк в верхнем течении, а ареал  $^3\text{H}$  приближался к её руслу [2, 7]. Признаки продолжающейся миграции радионуклидов фиксируются как зоны осаждения загрязненного аллювия на низкой пойме на высотах от 0,7 м до 1,0-1,2 м, где загрязнение  $^{137}\text{Cs}$  достигает  $430-470$  мкКи/м<sup>2</sup> [8].

Сброс радионуклидов в настоящее время в речную систему прекращен, но в воде реки активность  $^{90}\text{Sr}$  в несколько раз превышает уровень вмешательства; периодически достигает уровня вмешательства активность  $^{137}\text{Cs}$ , растет загрязнение воды  $^3\text{H}$ . Радионуклиды поступают в реку Исеть и далее, через систему реки Обь в Северный ледовитый океан. Поэтому необходимо постоянное наблюдение за состоянием радиоактивного загрязнения реки Теча и источниками поступления радионуклидов в речную систему.

Цель работы – оценить современные уровни и источники радиоактивного загрязнения реки Теча.

## Материалы и методы исследования

**Н**а реке Теча пробы воды отбирали из обводных каналов и их притоков, а также в гидрологических створах «Асанов мост», «Новый мост», «Надыров мост» и у населенных пунктов. Пробы почвы и донных отложений отбирали в районе названных гидрологических створов.

\*Адрес для корреспонденции: kazachenok.nina@mail.ru

Удельную активность  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  и  $^{40}\text{K}$  определяли с помощью сцинтилляционного гамма-спектрометра «Прогресс» и спектрометрической установки МКС-01А «Мультирад». В малоактивных пробах  $^{137}\text{Cs}$  определяли радиохимически сурьмяной-одидным методом после концентрирования его на ферроцианиде никеля. Удельную активность  $^{90}\text{Sr}$  в пробах определяли экстракционным методом по дочернему  $^{90}\text{Y}$  с использованием МИОМФК [9]. Измерение  $\beta$ -активности выделенных радионуклидов проводилось на малофоновых радиометрических установках УМФ-1500 и УМФ-2000 с пламенно-фотометрическим контролем выхода носителя стронция. Определение  $^3\text{H}$  в воде проводили методом прямого измерения на жидкостном  $\alpha$ -,  $\beta$ -радиометре Quantulus 1220 после предварительной дистилляции из щелочной среды с добавлением перманганата калия.

## Результаты и обсуждение

**В**ода реки Теча наиболее загрязнена в верхнем течении от Асанова моста ( $\approx 5,5$  км по руслу от плотины водоема В-11) до дер. Муслимово ( $\approx 54$  км от плотины). В период с 2000 по 2012 гг. удельная активность  $^{90}\text{Sr}$  в воде на этом участке колебалась от 1,6 Бк/л до 60,0 Бк/л, и в среднем по 121 пробе составила  $17,1 \pm 2,2$  Бк/л. Активность  $^{137}\text{Cs}$  колебалась от 0,06 Бк/л до 11,5 Бк/л, в среднем —  $1,0 \pm 0,4$  Бк/л, активность  $^3\text{H}$  — от 11,2 Бк/л до 473 Бк/л, в среднем  $240 \pm 33$  Бк/л, активность  $^{239,240}\text{Pu}$  не превышала 0,096 Бк/л, в среднем —  $0,019 \pm 0,02$  Бк/л. Таким образом, в верхнем течении реки только  $^{90}\text{Sr}$  постоянно и значительно превышает уровень вмешательства [10].

В большинстве измерений загрязнение воды радионуклидами снижалось на участке от Асанова моста до Нового моста ( $\approx 5,5$  км и  $\approx 16$  км от плотины), где в Течу впадает река Зюзелга ( $\approx 9$  км от плотины), содержание радионуклидов в воде которой близко к фоновому (активность  $^{90}\text{Sr}$   $0,12 \pm 0,05$  Бк/л,  $^3\text{H}$  —  $10,0 \pm 2,0$  Бк/л). В 2009 г. на участке «Асанов мост»-«Новый мост» активность  $^{90}\text{Sr}$  в воде снизилась на 15,6%,  $^3\text{H}$  — на 16,7%. В 2011 г. снижение составило, соответственно, 47,2% и 38,7%. В 2012 г. активность  $^{90}\text{Sr}$  в воде снизилась на 43,8%,  $^3\text{H}$  — на 41,3%. Такие совпадения снижения активностей  $^{90}\text{Sr}$  и  $^3\text{H}$  позволяют предположить, что на данном участке сорбция и де-

**В.С. Мельников**, младший научный сотрудник, ФГБУН Уральский научно-практический центр радиационной медицины ФМБА России

**Г.В. Полянчикова**,

старший инженер, ФГБУН Уральский научно-практический центр радиационной медицины ФМБА России

**Ю.П. Тихова**, инженер, ФГБУН Уральский научно-практический центр радиационной медицины ФМБА России

**К.Г. Коновалов**, старший инженер, ФГБУН Уральский научно-практический центр радиационной медицины ФМБА России

**А.И. Копелов**, старший инженер, ФГБУН Уральский научно-практический центр радиационной медицины ФМБА России

сорбция  $^{90}\text{Sr}$  относительно сбалансированы, и снижение обеспечивается разбавлением водой из реки Зюзелга. Снижение активности радионуклидов наблюдали также после впадения крупных притоков.

Удельные активности  $^{90}\text{Sr}$  и  $^3\text{H}$  в воде взаимосвязаны. В верхнем течении реки в 40 пробах 2009-2012 гг. коэффициент корреляции между ними составил 0,76. В среднем за этот период в верхнем течении активность  $^3\text{H}$  превышала активность  $^{90}\text{Sr}$  в  $11,2 \pm 1,2$  раза. В нижнем течении это соотношение несколько снижается и составляет  $9,3 \pm 1,6$  раз.

Необходимо отметить, что с 2009 по 2012 гг. активность  $^{90}\text{Sr}$  значительно выросла как в отдельных пробах, так и в среднем за год (в 2009 г. 10,4 Бк/л, в 2012 г. 32,7 Бк/л). Увеличение среднегодовой активности  $^{90}\text{Sr}$  и  $^3\text{H}$  отмечается также с 2007 по 2010 гг. по данным НПО «Тайфун» и ЦЗЛ ПО «Маяк» [4-6].

При анализе динамики среднегодовых значений активности  $^{90}\text{Sr}$  в воде в верховьях реки Теча (от Асанова моста до с. Муслимово) оказалось, что в 2000-2008 гг. активность  $^{90}\text{Sr}$  в воде в верхнем течении, как правило, увеличивалась в годы с наибольшим количеством осадков. Это объясняется тем, что во влажные годы подъем уровня воды в водоемах ТКВ приводил к увеличению фильтрации радионуклидов в обводные каналы и через плотину В-11, и это увеличение не было скомпенсировано разбавлением менее загрязненной водой с водосборной территории. По расчетам С.В. Баранова [11], зависимость между суммарным фильтрационным поступлением  $^{90}\text{Sr}$  в каналы и уровнем водоема В-11 имеет нелинейный характер и возрастает от 8 Ки в год (при уровне воды 215,5 м) до 50 Ки в год (при уровне 216,8 м). По нашим данным в 2010-2012 гг., после реконструкции плотины, колебания активности  $^{90}\text{Sr}$  в воде верховьев реки происходили в противофазе с колебаниями осадков.

Активность радионуклидов в воде непостоянна и в течение года может изменяться в 3-5 раз. Нами рассчитаны коэффициенты корреляции между удельной активностью радионуклидов в воде в верховьях Течи в безморозный период 2004-2012 гг. и количеством осадков за декаду, предшествующую отбору пробы; активностью и суммой температур за декаду, активностью и гидро-термическим коэффициентом. Слабая отрицательная корреляция на границе значимости (-0,29 для 45 проб) обнаружена только

между активностью  $^3\text{H}$  и количеством осадков за декаду.

По-видимому, погодные условия могут оказывать двойное влияние на уровни загрязнения воды в реке. С одной стороны, при выпадении дождей увеличивается разбавление в реке и ТКВ, в том числе, за счет относительно чистой воды из притоков; с другой стороны, может увеличиваться сток с загрязненной территории и фильтрация из ТКВ.

Большинство авторов, исследовавших систему реки Теча, считают, что в настоящее время основным источником загрязнения речной воды является Теченский каскад водоемов. По данным Ю.В. Глаголенко [12], с 1987 г., когда уровень воды в водоеме В-11 превысил отметку 215,5 м, загрязнение воды в обводных каналах стало определяться процессом фильтрации воды из водоема В-11, а после 1995 г. загрязнение Течи  $^{90}\text{Sr}$  определяется только фильтрационным поступлением.

В 2011 г. активность  $^{90}\text{Sr}$  в воде водоема В-11 в среднем по 5 точкам отбора составляла  $1480 \pm 160$  Бк/л. Активность  $^3\text{H}$  в усред-

### Ключевые слова:

река Теча, тритий, цезий-137, стронций-90, плутоний-239,240

ненной пробе из 5 точек отбора — 600 Бк/л. В 2010-2012 гг. анализировали содержание радионуклидов в воде фильтрата плотины водоема В-11 и обводных каналов, предположительно являющихся в настоящее время основным источником загрязнения речной воды. Результаты представлены в табл. 1.

Активность  $^{90}\text{Sr}$  и  $^3\text{H}$  в воде ПБК и фильтрата в 2011 и 2012 гг. была несколько ниже, чем в 2010 г., а в воде ЛБК — значительно выше. Как следствие, повысился уровень загрязнения воды в районе Асанова моста.

При использовании методов решения задач оптимизации оказалось, что сток грунтовой воды с Асановского болота может быть сопоставимым со стоком ПБК и фильтрата плотины и обеспечивать одновременно разбавление и  $^{90}\text{Sr}$  из фильтрата и ПБК, и  $^3\text{H}$  из ЛБК. При этом грунтовая вода должна быть относительно чистой. Действительно, грунтовая вода из скважины у Асанова моста содержала 0,19 Бк/л  $^{90}\text{Sr}$  и 42 Бк/л  $^3\text{H}$ , что значительно меньше, чем в русле реки.

На рис. 1 показаны средние значения удельной активности  $^{90}\text{Sr}$  и  $^3\text{H}$  в пробах воды обводных каналов и их притоков, ото-



Рис. 1. Удельная активность  $^{90}\text{Sr}$  и  $^3\text{H}$  в пробах воды в обводных каналах и реке Теча.

**Таблица 1**

Содержание радионуклидов в воде каналов (выходной створ) и фильтрате плотины в 2010-2012 гг., Бк/л

Место отбора	<sup>90</sup> Sr			<sup>3</sup> H			<sup>137</sup> Cs
	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2012 г.
ЛБК	8,1	17,4	11,9-23,9	169	428	431-576	0,03
ПБК	81,8	58,5	41,6-105,3	255	178	153-256	0,045
Фильтрат	66,6	Не опред.	48,8-65,4	589	Не опред.	523-524	0,28
«Асанов мост»	22,9-26,8	25,6-30,7	21,3-38,8	192-263	281-385	269-439	0,31

бранных в мае и июне 2012 г. На рисунке видно, что для ЛБК в первую очередь источником загрязнения <sup>90</sup>Sr является канал из оз. Бердениш, а затем фильтрация из В-11. Для ПБК — фильтрация из В-11 после точки равных уровней.

Эти данные хорошо согласуются с результатами работы А.И. Зинина [3], согласно которым до точки равных уровней активность <sup>90</sup>Sr в воде ПБК составляет не более 1 Бк/л, а в нижней части канала достигает 80-90 Бк/л. Основным источником загрязнения воды ЛБК <sup>3</sup>H, по-видимому, является фильтрация из водоема В-4 (пруд Метлино) и В-2 (оз. Кызылташ). Их вклад в загрязнение воды ЛБК <sup>3</sup>H требует дальнейших исследований. Активность <sup>3</sup>H в верхнем течении ПБК относительно невысока и соответствует активности в оз. Улагач. В нижней части канала она увеличивается ≈ в 2,5 раза, очевидно, за счет фильтрации из В-11.

Таким образом, основной вклад в загрязнение речной воды Течи <sup>90</sup>Sr вносит фильтрация из В-11, в загрязнение <sup>3</sup>H — фильтрация из водоемов В-4 и В-2. Водоем В-10, несмотря на довольно высокие активности <sup>90</sup>Sr и <sup>3</sup>H в воде, по-видимому, не вносит существенного вклада в радиоактивное загрязнение воды Течи.

В настоящее время на ПО «Маяк» планируется и проводится работа по снижению фильтрации в обводные каналы. В том случае, если эти мероприятия окажутся достаточно эффективными, основным источником загрязнения речной воды может вновь стать пойменная почва и донные отложения. Так, например, поверхностная вода болот может быть в значительной степени загрязнена за счет растворения и десорбции депонированных в почве радионуклидов. Показано, что в слое 0-10 см пойменной почвы Асановских болот содержится 5,5-8,2% водорастворимых и 49,8-60,0% обменных форм <sup>90</sup>Sr [13]. В пробах поверхностной воды из Асановских болот активность

<sup>90</sup>Sr в разных точках отбора колебалась от 4,2 Бк/л до 81,3 Бк/л и в среднем составляла 37±13 Бк/л. В Муслимовских болотах — от 6,9 Бк/л до 25,3 Бк/л, в среднем — 14±13 Бк/л. Поэтому необходимо знать уровни загрязнения радионуклидами почвы и донных отложений и особенности миграции радионуклидов в этих почвах.

В пойме реки Теча наиболее загрязнена почва Асановских болот. Активность <sup>137</sup>Cs здесь в настоящее время варьирует от 1,6×10<sup>2</sup> Бк/кг до 1,6×10<sup>6</sup> Бк/кг, <sup>90</sup>Sr — от 1,5×10<sup>2</sup> до 5,5×10<sup>4</sup> Бк/кг, <sup>239,240</sup>Pu — от 2,9×10<sup>2</sup> Бк/кг до 2,4×10<sup>3</sup> Бк/кг. Активность природных радионуклидов в пойменной почве повышена. В почве Асановских болот активность <sup>40</sup>K достигала 3,1×10<sup>3</sup> Бк/кг, а в районе Нового моста — 2,5×10<sup>3</sup> Бк/кг. Особенное внимание привлекает высокая активность <sup>232</sup>Th — до 1,4×10<sup>3</sup> Бк/кг в Асановских болотах и до 1,0×10<sup>4</sup> Бк/кг в районе Нового моста. Активность <sup>226</sup>Ra в почве невелика, на грани чувствительности метода.

В пробах почвы, отобранных на различном удалении от плотины водоема В-11 и от русла реки, вертикальное распределение радионуклидов носит самый разнообразный характер.

В большинстве случаев <sup>90</sup>Sr в донных отложениях и в постоянно увлажненных болотных и прибрежной дерновой почвах мигрирует на большую глубину и аккумулируется в различных слоях. <sup>137</sup>Cs и <sup>239,240</sup>Pu в болотной почве мигрируют на глубину до 100 см, но наибольшее их количество содержится в слое 20-40 см. В дерновой почве они, в основном, остаются в поверхностном слое. Эти различия необходимо учитывать при оценке плотности загрязнения территории и расчете общего запаса радионуклидов.

Во многих случаях наибольшая активность <sup>90</sup>Sr отмечается над водоупорным глеевым слоем. Это подтверждает данные Ю.В.Глаголенко о том, что до подъема уровня воды в водоеме В-11 до отметки 215,5 м

основным источником радиоактивного загрязнения воды в реке Теча был  $^{90}\text{Sr}$ , вымывающийся из пойменной почвы [12].

Нами исследованы физико-химические свойства воды из обводных каналов и реки, а также пойменной почвы. До подхода обводных каналов к водоему В-10 вода в них практически нейтральная: в ЛБК рН 7,17-7,18, в ПБК — 7,60-7,67. Несмотря на то, что в водоемах В-10 и В-11 вода слабокислая (рН 6,07 и 6,22, соответственно), в обоих обводных каналах вода постепенно защелачивается, причем наиболее высокие значения рН (8,12 и 8,22) определены в консольных концах каналов. Далее по течению, в районе Надырова моста и Муслимово вода еще более защелачивается (рН 8,67 и 8,71), а затем щелочность несколько снижается (до 8,33 у Бродокалмака и 8,13 у Затеченского).

Пойменная почва имеет кислую и слабокислую реакцию — в разных слоях почвы Асановских болот рН от 4,52 до 5,66, почвы у Нового моста — от 5,89 до 6,07. Частично защелачивание воды можно объяснить свойствами почвообразующих горных пород, которые в районе водоема В-11 и обводных каналов представлены, в основном, карбонатными породами с рН 7,2-8,0. В верхнем течении (до впадения реки Зюзелга) почвообразующие породы представлены среднеосновными магматическими породами (андезито-базальтами) с рН 7,3-8,3 [2].

Слабощелочная реакция речной воды должна препятствовать вымыванию  $^{137}\text{Cs}$  и из донных отложений, но на десорбцию  $^{90}\text{Sr}$  она влияния не оказывает. Слабокислая реакция пойменных почв не способствует вымыванию  $^{137}\text{Cs}$  из пойменных почв, однако она достаточно близка к критической. При изменении условий и падении рН до 4,0 и ниже поступление  $^{137}\text{Cs}$  в речную воду из почвы может увеличиться во много раз. Поэтому необходимо более глубокое исследование физико-химических свойств пойменной почвы и их влияние на загрязнение грунтовых вод  $^{137}\text{Cs}$ .

При сопоставлении удельных активностей радионуклидов в пробах оказалось, что горизонтальное и вертикальное распределение  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{239,240}\text{Pu}$  как в почве, так и в донных отложениях сходно. Для 352 проб почвы, отобранных на разных участках по руслу, на разном расстоянии от реки и на разной глубине, коэффициент корреляции между активностями этих радионуклидов составил 0,87. Для донных отложений коэффициент корреляции ниже — 0,69

(176 проб). Тем не менее, эти зависимости позволяют ориентировочно оценивать уровень загрязнения  $^{239,240}\text{Pu}$  по результатам  $\gamma$ -спектрометрического определения  $^{137}\text{Cs}$ . Так, для расчета удельной активности  $^{239,240}\text{Pu}$  ( $A_{\text{Pu}}$ ) в пробе почвы по удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  ( $A_{\text{Cs}}$ ) в той же пробе можно использовать соотношение:  $A_{\text{Pu}} = 0,04 \cdot A_{\text{Cs}}^{0,73}$ . Для расчета активности  $^{239,240}\text{Pu}$  в донных отложениях — соотношение:  $A_{\text{Pu}} = 0,03 \cdot A_{\text{Cs}}^{0,78}$ .

## Заключение

Результаты проведенных исследований позволяют заключить, что в воде реки Теча в настоящее время только  $^{90}\text{Sr}$  постоянно превышает уровень вмешательства. Основной источник радиоактивного загрязнения воды — водоемы Теченского каскада. Поступление в воду радионуклидов, депонированных в пойменной почве и донных отложениях в настоящее время незначительно.

## Литература

1. Мокров Ю.Г. Реконструкция радиоактивного стока основных радионуклидов с водами р. Теча в период 1949–1954 гг. // Бюллетень сибирской медицины. 2005. №2. С. 110-116.
2. Атлас геоэкологических карт на территорию зоны наблюдения ФГУП «ПО «Маяк». М., Озерск: ЗАО «Геоспецэкология», 2007. 106 с.
3. Зинин А.И. Оценка эффективности природоохранных мер по минимизации радиоактивного загрязнения правобережного канала Теченского каскада водоемов / А.И. Зинин, Г.А. Зинина, Л.М. Самсонова, А.Ю. Ястребков // Вопросы радиационной безопасности. 2010. №3. С. 11-26.
4. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2008 году. Ежегодник. Под ред. С.М. Вакуловского. Обнинск: НПО «Тайфун», 2009. 298 с.
5. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2009 году. Ежегодник. / Под ред. С.М. Вакуловского. Обнинск: НПО «Тайфун» 2010. 316 с.
6. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2010 году. Ежегодник. / Под ред. С.М. Вакуловского. Обнинск: НПО «Тайфун» 2011. 282 с.
7. Глинский М.Л. Наблюдения за состоянием геологической среды на ФГУП «ПО «Маяк» / М.Л. Глинский, Н.В. Кочергина // Безопасность окружающей среды. 2008. №2. С. 32-35.

8. Линник В.Г. Ландшафтная дифференциация техногенных радионуклидов: геоинформационные системы и модели. Автореф. дис.... докт. геогр. наук М.: 2008. 40 с.
9. Сборник методик по определению радиоактивности окружающей среды. Методики радиохимического анализа / Под ред. Г.А. Середы, З.С. Шулепко. М.: Гидрометеиздат, 1966. 51 с.
10. СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности. М.: Роспотребнадзор, 2009.
11. Баранов С.В. Теченский каскад водоемов ФГУП «ПО «Маяк»: текущее состояние и перспективы / С.В. Баранов, Г.Ш. Баторшин, Ю.Г.

- Мокров, М.Л. Глинский, Е.Г. Дрожко, И.И. Линге, С.С. Уткин // Вопросы радиационной безопасности. 2011. №1. С. 5-14.
12. Глаголенко Ю.В. Особенности формирования радиоактивного загрязнения р. Теча / Ю.В. Глаголенко, Е.Г. Дрожко, Ю.Г. Мокров // Вопросы радиационной безопасности. 2007. №2. С. 27-36.
  13. Костюченко В.А. Состояние радиоактивного загрязнения реки Теча / В.А. Костюченко, И.Я. Попова, Л.М. Перемыслова, В.С. Мельников // Радиационная биология. Радиоэкология. 2009. №2. С. 212-218.

N.N. Kazachenok, I.Ya. Popova, V.S. Melnikov, G.V. Polanchikova,  
Yu.P. Tikhova, K.G. Konovalov, A.I. Kopelov

## CONTENTS OF $^3\text{H}$ , $^{90}\text{Sr}$ , $^{137}\text{Cs}$ , $^{239,240}\text{Pu}$ IN THE TECHA RIVER SYSTEM

Study results on radioactive pollution of headstream of the Techa River, its affluents and bypass canals are shown. Water of the Techa River in headstream (from the Asanov Bridge to the Muslyumovo town) is the most polluted. In water of this territory specific activity (Bq/L) of  $^{90}\text{Sr}$  is  $17.1 \pm 2.2$ ,  $^{137}\text{Cs}$  —  $1.0 \pm 0.4$ ,  $^3\text{H}$  —  $240 \pm 33$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$  —  $0.019 \pm 0.02$ . The main source of  $^{137}\text{Cs}$  pollution is effluent water of the V-11 reservoir dam and an alluvial soil. The  $^{90}\text{Sr}$  source is canal of the Berdenish Lake and effluent water from the V-11. It was shown that in bottom-land of the Techa River a soil of the Asanov bog is the most polluted. In the water activity (Bq/L) of  $^{137}\text{Cs}$  is up to  $1.64 \cdot 10^6$ ,  $^{90}\text{Sr}$  — up to  $5.54 \cdot 10^4$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$  — up to  $2.44 \cdot 10^3$ . In bottom sediments and permanently moistened soils  $^{90}\text{Sr}$  migrates deeply and accumulates in different layers. In bog soil  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{239,240}\text{Pu}$  mainly present in upper 20-40 cm and in soddy soil — in surface layer.

**Key words:** Techa River, tritium, caesium-137, strontium-90, plutonium-239, 240