

Медико-биологические проблемы жизнедеятельности

Научно-практический рецензируемый журнал

№ 1(9)

2013 г.

Учредитель

Государственное учреждение
«Республиканский научно-
практический центр
радиационной медицины
и экологии человека»

Журнал включен в:

- Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования диссертационных исследований по медицинской и биологической отраслям науки (31.12.2009, протокол 25/1)
- Перечень журналов и изданий ВАК Минобрнауки РФ (редакция май 2012г.)

Журнал зарегистрирован

Министерством информации
Республики Беларусь,
Свид. № 762 от 6.11.2009

Подписано в печать 29.04.13.
Формат 60×90/8. Бумага офсетная.
Гарнитура «Times New Roman».
Печать цифровая. Тираж 211 экз.
Усл. печ. л. 18,9. Уч.-изд. л. 16,2.
Зак. 1178.

Издатель ГУ «Республиканский
научно-практический центр
радиационной медицины и экологии
человека»
ЛИ № 02330/619 от 3.01.2007 г.,
продлена до 03.01.2017

Отпечатано в Филиале БОРБИЦ
РНИУП «Институт радиологии».
220112, г. Минск,
ул. Шпилевского, 59, помещение 7Н

ISSN 2074-2088

Главный редактор

А.В. Рожко (д.м.н., доцент)

Редакционная коллегия

В.С. Аверин (д.б.н., зам. гл. редактора), В.В. Аничкин (д.м.н., профессор), В.Н. Беляковский (д.м.н., профессор), Ю.В. Висенберг (к.б.н., отв. секретарь), Н.Г. Власова (к.б.н., доцент), А.В. Величко (к.м.н., доцент), В.В. Евсеенко (к.п.с.н.), С.А. Игумнов (д.м.н., профессор), А.В. Коротаев (к.м.н.), А.Н. Лызииков (д.м.н., профессор), А.В. Макарчик (к.м.н., доцент), С.Б. Мельнов (д.б.н., профессор), Э.А. Надыров (к.м.н., доцент), И.А. Новикова (д.м.н., профессор), Э.Н. Платошкин (к.м.н., доцент), Э.А. Повелица (к.м.н.), Ю.И. Рожко (к.м.н.), М.Г. Русаленко (к.м.н.), А.Е. Силин (к.б.н.), А.Н. Стожаров (д.б.н., профессор), О.В. Черныш (к.м.н.), А.Н. Цуканов (к.м.н.), Н.И. Шевченко (к.б.н.)

Редакционный совет

А.В. Аклеев (д.м.н., профессор, Челябинск), С.С. Алексинин (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), Д.А. Базыка (д.м.н., профессор, Киев), А.П. Бирюков (д.м.н., профессор, Москва), А.Ю. Бушманов (д.м.н., профессор, Москва), И.И. Дедов (д.м.н., академик РАМН, Москва), Ю.Е. Демидчик (д.м.н., член-корреспондент НАН РБ, Минск), В.И. Жарко (министр здравоохранения Республика Беларусь, Минск), М.П. Захарченко (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), Л.А. Ильин (д.м.н., академик РАМН, Москва), Я.Э. Кенигсберг (д.б.н., профессор, Минск), К.В. Котенко (д.м.н., профессор, Москва), В.Ю. Кравцов (д.б.н., профессор, Санкт-Петербург), Н.Г. Кручинский (д.м.н., Минск), Т.В. Мохорт (д.м.н., профессор, Минск), Д.Л. Пиневиц (Минск), В.Ю. Рыбников (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), В.П. Сытый (д.м.н., профессор, Минск), Н.Д. Тронько (д.м.н., профессор, Киев), В.П. Филонов (д.м.н., профессор), В.А. Филонюк (к.м.н., доцент, Минск), А.Ф. Цыб (д.м.н., академик РАМН, Обнинск), Р.А. Часнойть (к.э.н., Минск), В.Е. Шевчук (к.м.н., Минск)

Технический редактор

С.Н. Никонович

Адрес редакции

246040 г. Гомель, ул. Ильича, д. 290,
ГУ «РНИЦ РМ и ЭЧ», редакция журнала
тел (0232) 38-95-00, факс (0232) 37-80-97
<http://www.mbr.rcrm.by> e-mail: mbr@rcrm.by

© Государственное учреждение
«Республиканский научно-практический
центр радиационной медицины и
экологии человека», 2013

№ 1(9)

2013

Medical and Biological Problems of Life Activity

Scientific and Practical Journal

Founder

Republican Research Centre
for Radiation Medicine
and Human Ecology

Journal registration
by the Ministry of information
of Republic of Belarus

Certificate № 762 of 6.11.2009

© Republican Research Centre
for Radiation Medicine
and Human Ecology

ISSN 2074-2088

Обзоры и проблемные статьи

- А.Н. Котеров, А.П. Бирюков**
Неоднозначность связи между повышением уровня цитогенетических повреждений и риском развития рака 6
- А.С. Подгорная, Т.С. Дивакова**
Современные технологии в лечении меноррагий у женщин 23
- А.Ф. Цыб, Е.В. Абакушина, Д.Н. Абакушин, Ю.С. Романко**
Ионизирующее излучение как фактор риска развития лучевой катаракты 34

Медико-биологические проблемы

- К.Н. Апсаликов, Т.Ж. Мулдагалиев, Т.И. Белихина, З.А. Танатова, Л.Б. Кенжина**
Анализ и ретроспективная оценка результатов цитогенетических обследований населения Казахстана, подвергавшегося радиационному воздействию в результате испытаний ядерного оружия на Семипалатинском полигоне, и их потомков 42
- Н.Г. Власова**
Апробация алгоритма расчета индивидуализированных накопленных доз внутреннего облучения включенных в Государственный регистр лиц, подвергшихся радиационному воздействию вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС, других радиационных аварий 50
- А.С. Горячева, А.А. Лузянина, О.С. Изместьева, Л.П. Жаворонков, В.И. Дейгин**
Изучение механизмов регуляции начальных этапов гемопоэза трипептидом – dAla-dGlu-(dTrp)-OH 56
- Н.Н. Казачёнок, И.Я. Попова, В.А. Костюченко, В.С. Мельников, Г.В. Полянчикова, Ю.П. Тихова, К.Г. Коновалов, Г.Б. Россинская, А.И. Копелов**
Современная радиоэкологическая обстановка и источники радиоактивного загрязнения на реке Теча 63

Reviews and problem articles

- A.N. Koterov, A.P. Biryukov**
Ambiguous relationship between elevated levels of cytogenetic damages and cancer risk
- A.S. Podgornaya, T.S. Divakova**
Modern technologies in the treatment of menorrhagia in women
- A.F. Tsyb, E.V. Abakushina, D.N. Abakushin, Yu.S. Romanko**
Radiation as risk factor of Development the Radiation-induced Cataract

Medical-biological problems

- K.N. Apsalikov, T.J. Muldagaliev, T.I. Belikhina, Z.A. Tanatova, L.B. Kenzhina**
Retrospective analysis and evaluation of the results of cytogenetic studies of Kazakhstan's population has been subjected to radiation and their descendants, as a result of nuclear tests at the Semipalatinsk test site
- N.G. Vlasova**
Approval of algorithm for calculation of individualized accumulated internal doses at persons engaged in the State registry of the Chernobyl affected people
- A.S. Goryacheva, A.A. Luzyanina, O. S. Izmetieva, L. P. Zhavoronkov, V.I. Deigin**
The studying of the mechanism of regulation of the initial stages of hematopoiesis by tripeptide – dAla-dGlu-(dTrp)-OH
- N.N. Kazachonok, I.Y. Popova, V.A. Kostyuchenko, V. Melnikov, G.V. Polyanchikova, Y.P. Tihova, K.G. Kononov, G.B. Rossinskaya, A.I. Kopelov**
Modern radioecological situation and sources of radioactive contamination in the river Tеча

В.В. Кляус
Воздействие на население инновационных ядерных энергетических систем в режиме нормальной эксплуатации 71

Е.Р. Ляпунова, Л.Н. Комарова
Изучение генетической нестабильности популяции *Chlorella vulgaris* после действия ионизирующего излучения разного качества 77

Н.П. Мишаева, В.А. Горбунов, А.Н. Алексеев
Влияние тяжелых металлов на биологию иксодовых клещей и их зараженность возбудителями природно-очаговых инфекций 83

Клиническая медицина

В.А. Доманцевич
Ультразвуковая диагностика адгезивного капсулита плечевого сустава 88

А.В. Жарикова
Неврологические и метаболические нарушения при гипотиреозе 94

О.А. Котова, И.А. Байкова, О.А. Теслова, О.А. Иванцов
Тревожно-депрессивные реакции и ощущение безнадежности у пациентов с различной давностью спинальной травмы 103

Т.Ж. Мулдагалиев, Е.Т. Масалимов, Р.Т. Болеуханова, Ж.К. Жагиппарова
Состояние вегетативного гомеостата среди экспонированного радиацией населения Восточно-Казахстанской области и их потомков в отдаленном периоде после формирования доз облучения 109

Г.Д. Панасюк, М.Л. Лушик
Особенности аутоиммунного тиреоидита у детей Гомельской области 116

О.Н. Шишко, Т.В. Мохорт, И.В. Буко, Е.Э. Константинова, Н.Л. Цапаева
Изменения системы глутатиона и микроциркуляторного русла у пациентов с нарушениями углеводного обмена 122

V.V. Kliaus
Impact on the population of innovative nuclear energy systems under normal operation

E.R. Lyapunova, L.N. Komarova
Study of genetic instability of *Chlorella vulgaris* population after effect of ionizing radiation of different quality

N.P. Mishaeva, V.A. Gorbunov, A.N. Alekseev
Influence of heavy metals on the biology of ixodid ticks and their infection pathogens of natural focal infections Nations

Clinical medicine

V.A. Domantsevich
Ultrasound diagnostics of adhesive capsulitis of the shoulder joint

A.V. Zharikova
Neurological and metabolic disorders in hypothyroidism

O.A. Kotova, I.A. Baykova, O.A. Teslova, O.A. Ivantsov
Anxiety, depression and hopelessness in patients with spinal injury of various durations

T.J. Muldagaliev, E.T. Masalimov, R.T. Boleuhanova, Z.K. Zhagipparova
Condition of vegetative system among the population of the East Kazakhstan area exhibited by radiation and their descendants in the remote period after formation of doses of radiation

G.D. Panasyuk, M.L. Luschik
Features autoimmunnygo tiroidita children from Gomel region

O.N. Shyshko, T.V. Mokhort, I.V. Buko, E.E. Konstantinova, N.L. Tsapaeva
Changes in glutathione system and microcirculation in patients with prediabetes and type 2 diabetes

Обмен опытом

- Г.А. Романова**
Эффективность многолетнего скрининга заболеваний у населения Брянской области, проживающего на загрязненных радионуклидами территориях 130
- И.К. Хвостунов, Н.Н. Шепель, А.В. Севанькаев, В.Ю. Нугис, О.Н. Коровчук, Л.В. Курсова, Ю.А. Рагулин**
Совершенствование методов биологической дозиметрии путем анализа хромосомных aberrаций в лимфоцитах крови человека при облучении *in vitro* и *in vivo* 135
- Р.А. Сакович**
Мультиспиральная компьютерная томография в кардиологической практике 148
- Правила для авторов 157

Experience exchange

- G.A. Romanova**
The effectiveness of long-term disease screening in the population of the Bryansk region, living in radionuclide contaminated territories
- I.K. Khvostunov, N.N. Shepel, A.V. Sevan'kaev, V.Yu. Nugis, O.N. Korovchuk, L.V. Kursova, Yu.A. Ragulin**
The improvement of methods of biological dosimetry by analysis of chromosomal aberrations induced in human blood lymphocytes *in vitro* and *in vivo*
- R.A. Sakovich**
Multislice computed tomography in cardiology practice

УДК 504.4.054:614.876(470.55)

Н.Н. Казачёнок, И.Я. Попова,
В.А. Костюченко, В.С. Мельников,
Г.В. Полянчикова, Ю.П. Тихова,
К.Г. Коновалов, Г.Б. Россинская,
А.И. Копелов

СОВРЕМЕННАЯ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА И ИСТОЧНИКИ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА РЕКЕ ТЕЧА

Уральский научно-практический центр радиационной медицины, г. Челябинск, Россия

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

Ключевые слова: ПО «Маяк», река Теча, ^{137}Cs , ^{90}Sr , почва

Введение

В результате деятельности ПО «Маяк» длительное время загрязняется радиоактивными отходами система реки Теча. Сброс радионуклидов в открытую речную систему прекращен, но в настоящее время в воде реки активность ^{90}Sr в несколько раз превышает уровень вмешательства; периодически достигает уровня вмешательства активность ^{137}Cs , растет загрязнение воды ^3H . Радионуклиды поступают в реку Исеть и далее, через систему реки Обь в Северный ледовитый океан.

В период 1949-1954 г. в точке сброса жидких радиоактивных отходов в речную систему поступило большое количество растворенных и взвешенных радионуклидов, в частности: $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ – 47,1 кКи, $^{137}\text{Cs} + ^{137\text{m}}\text{Ba}$ – 49,9 кКи [1].

До 1956 года истоком р. Теча являлось озеро Иртыш с транзитом воды через озеро Кызылташ. С 1956 г. по 1964 г. верховье реки было перекрыто каскадом плотин, которые позволили локализовать большую

часть депонированных в верховьях радиоактивных веществ. При этом сформировался так называемый Теченский каскад водоемов (ТКВ). В настоящее время исток реки формируется ниже плотины технологического водоема В-11 за счет сброса воды из левобережного обводного канала (ЛБК), правобережного обводного канала (ПБК) и фильтрации под плотиной водоема В-11 [2].

ЛБК используется для перехвата и отведения поверхностного и подземного стока с территорий, расположенных к северу от Теченского каскада водоемов (ТКВ) и для отведения сточных вод г. Озерска и паводковых вод из Иртышско-Каслинской системы озер и озера Бердяниш. В ПБК поступает вода из реки Мишеляк, в том числе дренажные воды из канавы у озера Татыш, сточные воды из поселка 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 β -активных нуклидов. Фильтрация загрязненных вод в открытую гидрографическую систему р. Течи происходит под

боковыми ограждающими дамбами в ПБК и ЛБК, а также под телом плотины водоема В-11 [4, 5, 6]. Распространение Карачаевской линзы также может оказывать влияние на загрязнение речной системы. Еще до 2007 г. ареалы распространения нитрат-иона, ^{90}Sr , U , ^{60}Co перекрывали русло реки Мишеляк в верхнем течении, а ареал ^3H приближался к руслу [2, 7].

По мнению Г.В. Линника источником вторичного загрязнения р. Течи продолжают оставаться зоны максимального запаса ^{137}Cs на пойменных землях. Признаки продолжающейся миграции радионуклидов, особенно в период паводка, фиксируются как зоны осаждения загрязненного аллювия (особенно илов) на низкой пойме на высотах от 0,7 м до 1,0-1,2 м, где загрязнение ^{137}Cs достигает 430-470 мкКи/м² [8].

Для планирования защитных мероприятий и прогнозирования изменения радиационной обстановки в будущем необходимо определить, какие источники радиоактивного загрязнения вносят наибольший вклад в создание современной радиационной ситуации. Поэтому необходимо постоянное наблюдение за состоянием радиоактивного загрязнения реки Теча и источниками поступления радионуклидов в речную систему.

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

Задачи работы:

1. Определить современные уровни загрязнения воды в реке Теча.
2. Оценить основные источники загрязнения воды в реке Теча.

Материал и методы исследования

На реке Теча пробы воды отбирали из обводных каналов и их притоков (река Мишеляк, канал из озера Бердениш), 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 на разном рас-

стоянии от русла, в зависимости от задачи исследования.

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

Результаты исследования

Вода р. Течи наиболее загрязнена в верхнем течении от Асанова моста ($\approx 5,5$ км по руслу от плотины водоема В-11) до деревни Муслюмово (≈ 54 км от плотины). В период с 2000 г. по 2012 г. удельная активность ^{90}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}Cs колебалась от 0,06 Бк/л до 11,5 Бк/л, в среднем – $1,0 \pm 0,4$ Бк/л, активность ^3H – от 11,2 Бк/л до 451 Бк/л, в среднем 240 ± 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}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 ≈ 16 км от плотины), где в Течу впадает р. Зю-

зелга (≈ 9 км от плотины), содержание радионуклидов в воде которой близко к фоновому (активность ^{90}Sr $0,12 \pm 0,05$ Бк/л, ^3H – $10,0 \pm 2,0$ Бк/л). Снижение активности радионуклидов наблюдали также после впадения крупных притоков. Однако наиболее значительно снижается активность всех исследованных радионуклидов на участке от н.п. Муслюмово до н.п. Бродокалмак (≈ 91 км от плотины), где нет крупных притоков. Снижение активности ^3H безусловно не связано с сорбцией донными грунтами. По-видимому, ^{137}Cs и ^{90}Sr также мало сорбируются, так как дно здесь преимущественно каменистое либо песчаное. Вероятно, разбавление происходит за счет выхода грунтовых вод и мелких ручьев, пересыхающих в засушливый период.

В 2009 г. на участке «Асанов мост»-«Новый мост» активность ^{90}Sr в воде снизилась на 15,6%, ^3H – на 16,7%. В 2011 г. снижение составило соответственно 47,2% и 38,7%. В 2012 г. активность ^{90}Sr в воде снизилась на 43,8%, ^3H – на 41,3%. Такие совпадения снижения активностей ^{90}Sr и ^3H позволяют предположить, что на данном участке сорбция и десорбция ^{90}Sr относительно сбалансированы и снижение обеспечивается разбавлением водой из реки Зюзелги.

Удельные активности ^{90}Sr и ^3H 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 ^3H превышала активность ^{90}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 г. по 2012 г. активность ^{90}Sr и ^3H 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}Sr и ^3H отмечается также с 2007 г. по 2010 г. по данным НПО «Тайфун» и ЦЗЛ ПО «Маяк» [4, 5, 6].

Это еще раз подчеркивает актуальность исследования источников радиоактивного загрязнения реки Теча.

При анализе динамики среднегодовых значений активности ^{90}Sr в воде в верховьях реки Течи (от Асанова моста до с. Муслюмово) оказалось, что в 2000-2008 гг. активность ^{90}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 Баранова С.В. с соавт. зависимость между суммарным фильтрационным поступлением ^{90}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) [11]. В 2010-2012 гг., после реконструкции плотины, колебания активности ^{90}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 гидротермическим коэффициентом. Все коэффициенты не превышают 0,1 и статистически незначимы. Слабая отрицательная корреляция на границе значимости ($-0,29$ для 45 проб) обнаружена только между активностью ^3H и количеством осадков за декаду.

По-видимому, погодные условия могут оказывать на уровни загрязнения воды в реке двойное влияние. 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 Глаголенко Ю. В. с соавторами, 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}Sr определяется только фильтрационным поступлением [12].

В 2011 г. активность ^{90}Sr в воде водоема В-11 в среднем по 5 точкам отбора составляла 1480 ± 160 Бк/л. Активность ^3H в усредненной пробе из 5 точек отбора – 600 Бк/л. В 2000-2012 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 таблице 1.

Активность ^{90}Sr и ^3H в воде ПБК и фильтрата в 2011 г. и 2012 г. была несколько ниже, чем в 2010, 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}Sr из фильтрата и ПБК, и ^3H из ЛБК. При этом грунтовая вода должна быть относительно чистой. Действительно, грунтовая вода из скважины у Асанова моста содержала 0,19 Бк/л ^{90}Sr и 42 Бк/л ^3H , что значительно меньше, чем в русле реки.

Поскольку в настоящее время важнейшим источником радиоактивного загрязнения воды в реке Теча ^{90}Sr и ^3H является сток из обводных каналов, необходимо было исследовать динамику загрязнения на всем протяжении каналов.

На рисунке 1 показаны средние значения удельной активности ^{90}Sr и ^3H в пробах воды обводных каналов и их притоков, отобранных в мае и июне 2012 г. На рисунке видно, что для ЛБК в первую очередь источником загрязнения ^{90}Sr является канал из озера 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, согласно которым до точки равных уровней активность ^{90}Sr в воде ПБК составляет не более 1 Бк/л, а в нижней части канала достигает 80-90 Бк/л [3]. Основной источник загрязнения воды ЛБК ^3H , по-видимому, фильтрация из водоема В-4 (пруд Метлино) и В-2 (озеро Кызылташ). Их вклад в загрязнение воды ЛБК ^3H требует дальнейших исследований. Активность ^3H в верхнем течении ПБК относительно невысока и соответствует активности в озере Улагач. В нижней части канала она увеличивается \approx в 2,5 раза, очевидно, за счет фильтрации из В-11.

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

В настоящее время на ПО «Маяк» планируется и проводится работа по сни-

Таблица 1 – Содержание радионуклидов в воде каналов (выходной створ) и фильтрате плотины в 2010-2012 гг., Бк/л

Место отбора	^{90}Sr			^3H			^{137}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



Рисунок 1 – Удельная активность ^{90}Sr и ^3H в пробах воды в обводных каналах и реке Теча

жению 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.

Костюченко В.А., Попова И.Я. и др. показали, что в слое 0-10 см пойменной почвы Асановских болот содержится 5,5-8,2% водорастворимых и 49,8-60,0% обменных форм ^{90}Sr [13]. В пробах поверхностной воды из Асановских болот активность ^{90}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 почвы и донных отложений радионуклидами и особенности миграции радионуклидов в этих почвах.

В пойме реки Теча наиболее загрязнена почва Асановских болот. Активность ^{137}Cs здесь в настоящее время варьирует от $1,6 \times 10^2$ Бк/кг до $1,6 \times 10^6$ Бк/кг, ^{90}Sr – от $1,5 \times 10^2$ до $5,5 \times 10^4$ Бк/кг, $^{239,240}\text{Pu}$ – от $2,9 \times 10^2$ Бк/кг до $2,4 \times 10^3$ Бк/кг.

Исследования Г.В. Линника показывают, что на загрязнение пойменных отложений влияют гидродинамические условия, определяющие режим осаждения речных наносов. Максимумы загрязнения ^{137}Cs отмечены на прирусловых низких отмелях, сложенных алевритовыми илами, а также в старичных понижениях [8]. Шестопалов В.М. показывает, что на локальных участках понижения рельефа (западинах и овражно-балочной сети), где при ливневых дождях и снеготаянии образуются лужи и местные заболачивания, формируются локальные очаги повышенной инфильтрации. На таких локальных участках инфильтрующаяся вода быстро (за время порядка суток и первых десятков суток) просачивается через зону аэрации, тогда как на ров-

ных и положительных участках рельефа инфильтрующаяся вода может задерживаться в зоне аэрации до нескольких лет. В зоне Чернобыльской Зоны Отчуждения на участках рассеянной инфильтрации радиоактивное загрязнение концентрируется только в верхних слоях почвы, тогда как на участках быстрой инфильтрации, приуроченных к западинам рельефа, в которых скапливается до 60% осадков, глубина проникновения радионуклидов (стронция и цезия) к 2000 г. достигла 17 м [14].

При инфильтрации паводковых вод и атмосферных осадков вода, формируя подземный сток, проходит по всему профилю почвы до водоупорного горизонта, на уровень ее загрязнения оказывают влияние все слои почвы. Поэтому при исследовании источников загрязнения почвенно-грунтовой, а затем речной воды необходимо иметь информацию об уровнях загрязнения всех слоев почвы. Изучение закономерностей миграции радионуклидов по профилю почв и донных отложений необходимо также для того, чтобы определять общий запас радионуклидов на загрязненной территории. Кроме того, особенности миграции радионуклидов позволяют судить об их подвижности.

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 ^{90}Sr в донных отложениях и в постоянно увлажненных болотных и прибрежной дерновой почвах мигрирует на большую глубину и аккумулируется в различных слоях. ^{137}Cs и $^{239,240}\text{Pu}$ в болотной почве мигрировали до 100 см, но наибольшее их количество содержится в слое 20-40 см. В дерновой почве они в основном остались в поверхностном слое. Эти различия необходимо учитывать при оценке плотности загрязнения территории и расчете общего запаса радионуклидов.

Во многих случаях наибольшая активность ^{90}Sr отмечается над водоупорным глеевым слоем. Это подтверждает данные Глаго-

ленко Ю.В. с соавторами о том, что до подъема уровня воды в водоеме В-11 до отметки 215,5 м основным источником радиоактивного загрязнения воды в р. Тече был ^{90}Sr , вымывающийся из пойменной почвы [12].

Разнообразие профилей распределения радионуклидов в пойменной почве вполне объяснимо и связано со слоистым строением аллювиальных отложений, русловым процессом, ускорением инфильтрации воды в западинах и другими факторами. Однако это разнообразие в значительной степени осложняет оценку потенциальных источников вторичного загрязнения.

Известно, что в кислой среде ^{137}Cs активнее переходит в водорастворимую форму. При резкой смене сильнокислой среды (рН менее 4) на слабокислую (рН 4-5) образуется щелочной геохимический барьер и происходит резкое уменьшение количества водорастворимого ^{137}Cs . 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 Муслумово, 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 имеют 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 р. Зюзелги) почвообразующие породы представлены средне-

основными магматическими породами (андезито-базальтами) с рН 7,3-8,3. [2].

Слабощелочная реакция речной воды должна препятствовать вымыванию ^{137}Cs и из донных отложений, но на десорбцию ^{90}Sr она влияния не оказывает. Слабокислая реакция пойменных почв в настоящее время не способствует вымыванию ^{137}Cs из пойменных почв, однако она достаточно близка к критической. При изменении условий и падении рН до 4,0 и ниже поступление ^{137}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}Cs .

Вертикальное распределение радионуклидов в донных отложениях также неоднородно, без специальных исследований невозможно определить, чем вызваны изменения активности на разных глубинах отбора, какой вклад в загрязнение поверхностного слоя вносит диффузия из более загрязненных глубоких слоев, осаждение наносов, сальтация и другие процессы. Этот вопрос также требует более глубокого изучения.

При сопоставлении удельных активностей радионуклидов в пробах оказалось, что горизонтальное и вертикальное распределение ^{137}Cs и $^{239,240}\text{Pu}$ в почве и 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 γ -спектрометрического определения ^{137}Cs . Так для расчета удельной активности $^{239,240}\text{Pu}$ (A_{Pu}) в пробе почвы по удельной активности ^{137}Cs (A_{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: $A_{\text{Pu}} = 0,03 \cdot A_{\text{Cs}}^{0,78}$.

Обращают на себя внимание высокие активности ^{40}K в почве в верховьях. В почве Асановских болот активность ^{40}K достигала $3,1 \times 10^3$ Бк/кг, а в районе Нового моста – $2,5 \times 10^3$ Бк/кг. Особенное внимание привлекает высокая активность ^{232}Th – до $1,4 \times 10^3$ Бк/кг в Асановских болотах и до $1,0 \times 10^4$ Бк/кг в районе Нового моста. Активность ^{226}Ra в почве невелика, на грани чувствительности метода.

Выводы

1. В воде реки Теча в настоящее время только ^{90}Sr постоянно превышает уровень вмешательства.

2. Основной источник радиоактивного загрязнения воды – водоемы Теченского каскада. Поступление в воду радионуклидов, депонированных в пойменной почве и донных отложениях, в настоящее время незначительно.

Библиографический список

1. Мокров, Ю.Г. Реконструкция радиоактивного стока основных радионуклидов с водами р. Теча в период 1949-1954 гг. / Ю.Г. Мокров // Бюллетень сибирской медицины. – 2005. – № 2. – С. 110-116.
2. Атлас геоэкологических карт на территорию зоны наблюдения ФГУП «ПО «Маяк». – М., Озерск, 2007. – 106 с.
3. Оценка эффективности природоохранных мер по минимизации радиоактивного загрязнения правобережного канала Теченского каскада водоемов / А.И. Зинин [и др.] // 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, 2009. – 298 с.
5. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2009 году. Ежегодник. / Под ред. С.М. Вакуловского. – Обнинск, 2010. – 316 с.
6. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2010 году. Ежегодник. / Под ред. С.М. Вакуловского. – Обнинск, 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 / В.Г. Линник. – М., 2008. – 40 с.
9. Сборник методик по определению радиоактивности окружающей среды. Методики радиохимического анализа / Под ред. Г. А. Середы, З. С. Шулепко. – М., 1966. – 51 с.
10. СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности. – М., 2009.
11. Теченский каскад водоемов ФГУП «ПО «Маяк»: текущее состояние и перспективы / С.В. Баранов [и др.] // 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. Состояние радиоактивного загрязнения реки Теча / В.А. Костюченко [и др.] // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2009. – № 2. – С. 212-218.
14. Шестопапов, В.М. Барьерная и автореабилитационная функция геологической среды / В.М. Шестопапов // Современные проблемы гидрогеологии и гидрогеомеханики. – С.-Пб., 2002. – С. 54-61.

**N.N. Kazachonok, I.Y. Popova, V.A. Kostyuchenko, V. Melnikov, G.V. Polyanchikova,
Y.P. Tihova, K.G. Konovalov, G.B. Rossinskaya, A.I. Kopelov**

MODERN RADIOECOLOGICAL SITUATION AND SOURCES OF RADIOACTIVE CONTAMINATION IN THE RIVER TECHA

The research of radioactive contamination of the upper river Techa, its tributaries and the bypass channel. Water leaks from the most contaminated River upstream from the Asanov bridge to n.p. Muslyumovo. ^{90}Sr specific activity in the water along this stretch of $17,1 \pm 2,2$ Bq/l, ^{137}Cs is $1,0 \pm 0,4$ Bq/l, ^3His 240 ± 33 Bq/l, $^{239,240}\text{Pu}$ is $0,019 \pm 0,02$ Bq/l. The main source of water contamination of ^{137}Cs is filtrate reservoir the V-11 and floodplain area soil. Source of ^{90}Sr is a channel of Lake Berdenish and filtering of V-11. In the floodplain of the River Techa most contaminated soil Asanovskih marshes. ^{137}Cs activity here today to $1,6 \times 10^6$ Bq/kg, ^{90}Sr – up to $5,5 \times 10^4$ Bq/kg, $^{239,240}\text{Pu}$ – up to $2,4 \times 10^3$ Bq/kg. ^{90}Sr in bottom sediments and in constantly wet soil, migrates to a greater depth and accumulates in various sectors. ^{137}Cs and $^{239,240}\text{Pu}$ in Marsh soils are mostly in a layer of 20-40 cm. In the turf – in the surface layer of soil.

Key words: the river Techa, ^{137}Cs , ^{90}Sr , soil

Поступила 14.02.13