

«ХАРАКТЕРИСТИКА РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГИДРОСФЕРЫ В ЗОНЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ОРУЖЕЙНОГО ПЛУТОНИЯ»

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

Уральский научно-практический центр радиационной медицины, Челябинск, Россия

В течение длительного времени территория, охватывающая северо-восточную часть Челябинской области в радиусе нескольких десятков километров от радиохимического предприятия ПО «Маяк», подвергалась радиоактивному загрязнению. Водные экосистемы загрязнялись вследствие осаждения газоаэрозольных выбросов в первые годы работы реактора и радиохимического завода. Особенно большое количество радионуклидов было выброшено в атмосферу во время радиационных аварий (в 1957 г. Восточно-Уральский радиоактивный след – ВУРС, в 1967 г. Карачаевский радиоактивный след). Супераквальные озерные ландшафты являются геохимически подчиненными, поэтому их состояние отражает не только общий характер радиоактивного загрязнения территории, но и скорость аккумуляции мигрирующих радионуклидов. Важное значение имеет качество воды в местах активного водопользования: на территории населенных пунктов, рекреационных зон, в местах водопоя скота, рыбалки и др.

В систему реки Теча длительное время сбрасывали жидкие радиоактивные отходы. 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]

В настоящее время сброс радионуклидов в открытую речную систему прекращен, но до сих пор в воде реки активность ^{90}Sr в несколько раз превышает уровень вмешательства; растет загрязнение воды ^3H . Радионуклиды поступают в реку Исеть и далее, через систему реки Обь в Северный ледовитый океан. 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]

Методы исследования

Исследования проводили в 2008-2012 гг. На озерах пробы воды отбирали в июне в местах активного водопользования: на территории населенных пунктов, в местах водопоя скота, в зонах отдыха населения. На реке Теча пробы воды отбирали в течение года (половодье, летняя и зимняя межень и др.) из обводных каналов и их притоков (река Мишеляк, канал из озера Бердяниш), а также в гидрологических створах «Асанов мост», «Новый мост», «Надыров мост» и у населенных пунктов.

Удельную активность ^{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. 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.[3]

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. Зюзелга (≈ 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).[7] 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. 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 В-11, в том числе, за счет относительно чистой воды из притоков, с другой стороны может увеличиваться сток с загрязненной территории и фильтрация из В-11.

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.[8]

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. Оказалось, что для ЛБК в первую очередь источником загрязнения ^{90}Sr является канал из озера Бердяниш, 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.[9] 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 озера 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 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.

В период исследования были отобраны пробы воды из 27 озер.

Активность ^3H в пробах озерной воды была от 9,6 Бк/л до 76,5 Бк/л, ^{90}Sr – от 0,016 Бк/л до 0,69 Бк/л. Активность ^{137}Cs – от 0,007 Бк/л до 0,46 Бк/л. В озере Татыш активность ^{90}Sr в воде была 1,2 Бк/л, в озере Бердяниш – 5,17 Бк/л, в озере Урускуль 106,2 Бк/л. Уровень вмешательства ^3H в питьевой воде – 7600 Бк/л, ^{137}Cs – 11,0 Бк/л, ^{90}Sr 4,9 Бк/л.[3]

Таким образом, во всех исследованных озерах, за исключением озера Татыш, являющегося технологическим водоемом, закрытым для посещения населением, и озёр Урускуль и Бердяниш, находящихся на территории Восточно-Уральского заповедника (в головной части ВУРС), удельная активность ^3H , ^{90}Sr , ^{137}Cs в воде оказалась на два порядка ниже уровня вмешательства. Все исследованные озера, доступные для открытого водопользования не представляют опасности для населения при использовании для водопоя, полива и в рекреационных целях.

Как и следовало ожидать, активность ^{137}Cs и ^{90}Sr в воде коррелирует с их активностью в донных отложениях. Активность ^{137}Cs в воде и донных, а также ^3H в воде коррелирует с активностью ^{137}Cs в слое 0-10 см почвы ареала.

За период исследований отобрали также 79 проб воды из источников питьевого водоснабжения 32 населенных пунктов. Активность ^{90}Sr в питьевой воде была от 0,007 Бк/л до 0,23 Бк/л, активность ^3H – от 0,1 Бк/л до 47,1 Бк/л. Коэффициент корреляции активности ^3H в воде и расстояния источника от ПО «Маяк» составил $-0,546$ ($p < 0,01$). Активность ^3H в пробах не превышала уровня граничных значений, заданных линией тренда $y=50e^{-0,03x}$ с достаточно хорошей точностью ($R^2=0,96$). Однако, в пределах этой области уровень загрязнения воды ^3H может значительно различаться, это зависит в первую очередь от характера источников водоснабжения, условий формирования и возраста подземных водных линз.

Заключение.

Уровни радиоактивного загрязнения поверхностных вод в зоне влияния ПО «Маяк» значительно превышают глобальный фон. Для населения представляет опасность вода реки Теча и озер на территории Восточно-Уральского радиационного заповедника. Вода озер открытых для посещения и источников питьевого водоснабжения по содержанию техногенных радионуклидов соответствует радиационно-гигиеническим нормативам.

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, 2007. – 106 с.
3. СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности. – М., 2009.
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. Баранов С. В., Баторшин Г. Ш., Мокров Ю. Г., Глинский М.Л., Дрожко Е.Г., Линге И. И., Уткин С. С. Теченский каскад водоемов ФГУП «ПО «Маяк»: текущее состояние и перспективы // Вопросы радиационной безопасности. – 2011. – №1. – С. 5-14.

8. Глаголенко Ю. В., Дрожко Е. Г., Мокров Ю. Г. Особенности формирования радиоактивного загрязнения р. Теча // Вопросы радиационной безопасности. – 2007. – №2. – С. 27-36.
9. Зинин А. И., Зинина Г. А., Самсонова Л. М., Ястребков А. Ю. Оценка эффективности природоохранных мер по минимизации радиоактивного загрязнения правобережного канала Теченского каскада водоемов // Вопросы радиационной безопасности. – 2010. – №3. – С. 11-26.