

Рис. 1. Гидросеть в районе расположения ФГУП «ПО «Маяк»». Красным выделена зона непосредственного воздействия

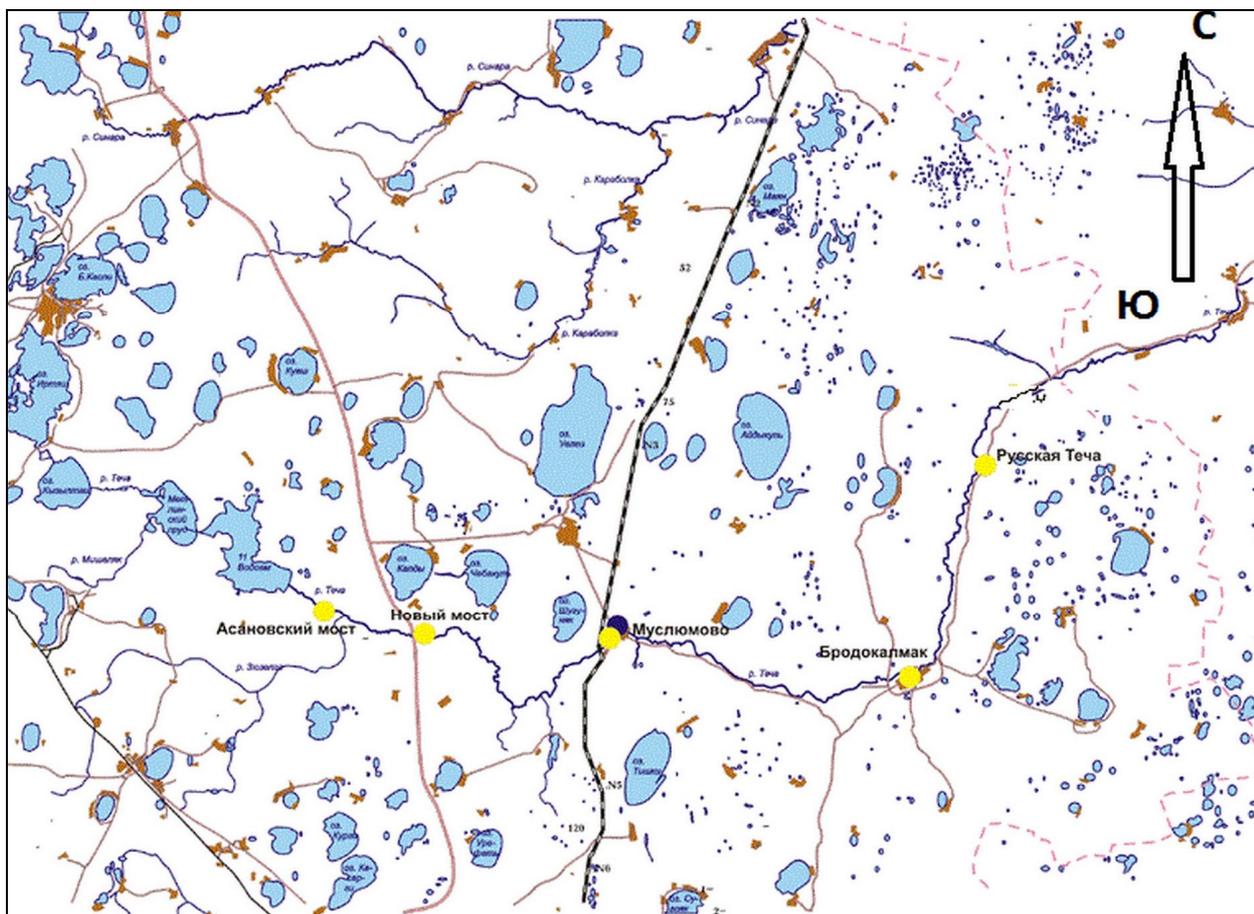


Рис. 2. Расположение контрольных створов на реке Теча. Масштаб 1:1 000 000

УДК 504.064.3

Кузнецов В.М.*,
Хвостова М.С.**,
Колотухин С.П.***



В.М. Кузнецов



М.С. Хвостова



С.П. Колотухин

Результаты первого этапа комплексного радиоэкологического обследования поймы реки Теча (Челябинская область)¹

*Кузнецов Владимир Михайлович, доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН, действительный член Академии промышленной экологии и Российской академии естественных наук, член Общественного совета ГК «Росатом»

E-mail: kuznetsov1956@mail.ru

**Хохлова Марина Сергеевна, кандидат географических наук, доцент, старший научный сотрудник, Экологический центр Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН

E-mail: marinakhvostova@list.ru

***Колотухин Сергей Прокопьевич, старший научный сотрудник, Лаборатория радиационного контроля ФГУ «Центр промышленной безопасности» (ФГУ «ЦПБ ТЭК»),

E-mail: lrkftor@mail.ru

В статье представлены результаты радиоэкологического обследования части поймы реки Теча (Челябинская область), загрязненной радионуклидами в 1949–1956 гг. в результате деятельности ПО «Маяк» (ГК «Росатом»). Проанализирована современная радиоэкологическая обстановка в пойме реки Теча в районе Асановских болот и населенных пунктов Муслумово, Бродокалмак, Русская Теча.

Ключевые слова: река Теча, радиационное загрязнение, радиоактивные отходы, мощность эквивалентной дозы, мощность потока бета-излучения, удельная активность.

Введение

Радиоактивное загрязнение реки Теча произошло в результате санкционированного и аварийного сброса жидких радиоактивных отходов (ЖРО) ПО «Маяк» в открытую речную сеть. В 1949–1951 гг. была сброшена основная масса радиоактивных нуклидов (около 12 ПБк Sr-90, 13 ПБк Cs-137), 106 ПБк короткоживущих радионуклидов. В период с 1951 по 1956 гг. интенсивность сбросов активности в речную систему снизилась в 100 раз, а после 1956 г. среднеактивные отходы стали поступать в открытую гидросеть в небольших количествах. Тем не менее, за период с 1949 по 1956 гг. в экосистему реки Теча попало порядка 76 млн. куб. м сточных радиоактивных вод, общей активностью по бета-излучению 2,75 МКи².

В 1951–1964 гг. на территории ПО «Маяк» построили искусственные водохранилища, в результате чего был прекращен сброс радиоактивных отходов в реку. В настоящее время каскад плотин и обводных каналов ограничивает прямое поступление радионуклидов, но их миграция полностью не исключена³.

¹ Представленная работа выполнена по заданию Комитета Государственной Думы по природным ресурсам, природопользованию и экологии и является первым этапом комплексного радиоэкологического обследования поймы реки Теча. Всего запланировано четыре этапа, каждый из которых будет расширять географию исследования в районах воздействия ПО «Маяк».

² Челябинская область: ликвидация последствий радиационных аварий. 2-е издание, испр. и доп. Под общ. ред. проф. А.В. Аксеева. Южно-Уральское книжное издательство. Челябинск. 2006. 344 с. (Прим. авт.)

Следует отметить и то, что 29 сентября 1957 г. на производственном объединении «Маяк» (г. Челябинск-40, ныне Озёрск), произошла ядерная авария, по количеству выбросов и тяжести последствий занимающая второе место после Чернобыля. В 16:22 по местному времени произошёл взрыв банки № 14 комплекса С-3, в емкости находилось 300 кубометров материала, 80 из которых были высокорadioактивны. В результате взрыва бетонное перекрытие толщиной более метра и весом около 160 тонн было отброшено на 25 м, ок. 20 млн. юри попало в атмосферу. Часть этих веществ поднялись на высоту в 1–2 км и образовало ядовитое облако, выпавшее в окрестностях и создавшее так называемый Восточно-Уральский радиоактивный след. Оказались загрязненными 217 населенных пунктов с общей численностью населения 272 тыс. чел., от радиационного облучения только в течение первых 10 дней погибли ок. 200 человек, общее число пострадавших оценивается в 250 тыс. чел., авария была оценена в 6 баллов по международной семибалльной шкале. Полностью материалы о катастрофе были рассекречены в 2010 г. (Прим. ред.)

³ Так, в частности 29 сентября 2007 г. ИГАР-ТАСС Урал сообщило: «Утечка радиоактивных отходов на производственном объединении (ПО) «Маяк» в Челябинской области стала следствием грубых нарушений требований безопасности. Об этом сегодня ИГАР-ТАСС сообщили в пресс-службе Управления Генпрокуратуры РФ в Уральском федеральном округе» (Утеч-



ПО «Маяк».
 Фото с сайта <http://www.lki.ru/text.php?id=6275&print>



Река Теча в районе Озёрска
 (бывш. Челябинск-40)

Из всего количества сброшенных в открытую гидрографическую сеть техногенных радионуклидов, около 75% задерживалось в болотистой пойме и донных отложениях в верховьях реки. Наибольшая аккумуляция радионуклидов в верховье реки объясняется наличием там заболоченной поймы, в которой имеются значительные торфяные отложения с максимальной сорбционной емкостью по сравнению с суглинками и супесями, характерными для более узкой поймы среднего и нижнего течения.

Специфические особенности сформировавшейся к настоящему времени радиационной обстановки в пойме р. Течи заключаются в образовании на значительном удалении от места сброса ЖРО зон радиоактивного загрязнения местности в относительно узкой полосе вдоль русел этих рек, а также в значительной зависимости плотности радиоактивного загрязнения почв в этих зонах от высоты пойменных террас над урезом воды и характеристик почвенного покрова. Это обусловлено, главным образом, характером миграции и осаждения радионуклидов в пойменных ландшафтах при их подтоплении загрязненными поверхностными водами, особенно в период паводков.

Гидрографическая характеристика района работ

Река Теча вытекает из озера Иртяш (Каслинский район Челябинской области) и, протекая в восточном и северо-восточном направлении 243 км, впадает справа в р. Исеть, как ее правый приток (рис. 1). Исеть относится к водной системе реки Оби. Основные притоки реки Течи – рр. Мишеляк и Зюзелга

По особенностям строения долины и русла реки в пределах Челябинской области р. Теча можно разделить на 2 участка.

Первый участок: исток – село Муслумово. Его длина составляет 81 км. Пойма двухсторонняя, преобладающая ширина поймы 2,0–2,5 км, в сужениях 0,4–0,8 км, в конце участка – до 150–120 м, наибольшая – до 3,5 км в районе устья р. Мишеляк. Поверхность поймы заболоченная, кочковатая. Пойма затапливается ежегодно во время половодья слоем 0,2–1,0 м и до 2 м в высокое половодье. Река выходит из болот у села Муслумово. Глубина реки на перекатах – 0,3–0,8 м, скорость течения – 0,1–0,4 м/с.

Второй участок: село Муслумово – село Нижнепетропавловское. Его длина составляет 60 км. Пойма двухсторонняя, асимметричная, ширина в среднем – 300 – 400 м, с колебаниями от 30–35 м у села Муслумово до 700 м у села Нижнепетропавловское. Затапливается пойма на всем протяжении при обычных половодьях на глубину 0,5–2,5 м. Глубина на перекатах – 0,4–0,6 м. Скорость течения на перекатах – до 1,2 м/с, на плесах – до 0,4 м/с.

Половодье проходит обычно в апреле. Наибольшая интенсивность подъема уровней воды во время половодья составляет 30 см/сутки, наибольшая интенсивность спада – 70 см/сутки. Меженные уровни неустойчивы. Колебания их в году довольно резкие, но незначительные – 20–50 см. Дождевые паводки для Течи не характерны.

По средним многолетним данным, сезонное распределение стока в процентах составляет: весна – 50,1 %, лето – 26,3 %, осень – 8,6 %, зима – 15,0 %.

Методика обследования территории поймы

Исследования по радиоэкологическому состоянию поймы Течи проводились с разной интенсивностью в период с 1970-х по 2010-е гг. Радиевым институтом им. В.Г. Хлопина, Отделом континентальной радиоэкологии Института экологии растений и животных УрО РАН, геологическим и биологическим факультетами Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Институтом геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН и др. Результаты этих исследований опубликованы и представляют собой большой массив данных о миграции радионуклидов в природных средах, о воздействии ионизирующего излучения на биоту и т.д.

Представленные в статье инженерно-экологические обследования части поймы р. Теча по радиационному фактору выполнены Лабораторией радиационного контроля ФГУ «Центр промышленной безопасности» (ФГУ «ЦПБ ТЭК») и Экологическим центром Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН.

Для выполнения работы использовались:

- сцинтилляционный радиометр поисковый СРП-88Н, зав. № 1084, свидетельство о поверке № 210-191/12, действительно до 20 марта 2013 г.;

ка радиоактивных отходов на ПО "Маяк" стала следствием грубых нарушений требований безопасности // Новости E1.RU Екатеринбург. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.e1.ru/news/spool/news_id-282925.html. (Прим. ред.).

- дозиметр РКСБ-104, зав. № 7390, свидетельство о поверке № 210-190/12, действительно до 19 марта 2013 г.;
- дозиметр-радиометр МКС-АТ1117М, зав. № 12735, свидетельство о поверке № 41150.А079, действительно до 13 января 2013 г.;
- специализированная радиометрическая установка УРС-71 на основе полупроводникового Ge-Li детектора зав. № 71, свидетельство о поверке № 58 16.Ф638, действительно до 25 мая 2013 г.

Радиоэкологическому обследованию подвергались земли сельских поселений, земли государственного лесного фонда, земли отчуждения, река Теча. Поверхность объекта представляет собой заросшую кустарником и деревьями, частично заболоченную долину реки Теча.

Время проведения исследования: 29 апреля – 8 мая 2012 г.

Погодные условия:

- 29.04.12 г. температура воздуха 15⁰С, без осадков;
- 30.04.12 г. температура воздуха 14⁰С, ветер сильный порывистый, вплоть до штормового, облачность переменная;
- 01.05.12–08.05.12 г. температура воздуха 15–19⁰С, умеренный ветер, переменная облачность, без осадков.

Целью выполненной работы являлась оценка текущего радиационного состояния реки Теча и её поймы. Обследовались следующие участки: река Теча в районе Асановских болот, участки поймы Течи в районе посёлков Новое Муслумово, Бродокалмак и Русская Теча (рис. 2).

Во время инженерно-экологических изысканий проводилось:

- гамма-прослушивание поисковым радиометром СРП-88Н с целью обнаружения радиационных аномалий;
- по маршруту изысканий через 50 м дозиметром РКСБ-104 измерялась мощность эквивалентной дозы внешнего гамма-излучения (МЭД) (всего 765 точек измерения) и дозиметром-радиометром МКС-АТ1117М мощность потока бета-частиц (всего 491 точек измерения);
- в характерных точках поймы Течи (отложения ила в реке, заболоченные и затапливаемые участки, ближние и удалённые от реки участки долины) отбирались пробы для определения их радионуклидного состава на стационарном гамма-спектрометре УРС-71 (23 пробы);
- осуществлен отбор проб воды из реки Теча и болот примыкающих к реке (6 проб).

Результаты обследования

Асановские болота

МЭД внешнего **гамма-излучения** на участке имеет резко выраженную неравномерность и варьирует от 0,08 до 15,2 мкЗв/ч. На расстоянии до 50 м вдоль реки Теча МЭД с учетом расширенной неопределенности измерений ($A + \Delta_0$) с доверительной вероятностью 0,95 не превышает 4,9 мкЗв/ч, что значительно выше естественного гамма-фона местности. По мере удаления от реки снижается МЭД, и на расстоянии 150 м и более с учетом расширенной неопределенности измерений ($A + \Delta_0$) с доверительной вероятностью 0,95 не превысит 0,2 мкЗв/ч, что не выходит за пределы флуктуаций естественного гамма-фона, присущего данной местности.

Мощность потока **бета-излучения** на участке неравномерна и варьируется от 0 част/(см²*мин) на расстоянии 150 м от реки и более до 450 част/(см²*мин) на урете реки Теча. Средняя мощность потока бета-излучения на урете реки равна 174 част/(см²*мин) и с доверительной вероятностью 0,95 не превысит 347 част/(см²*мин). Данная величина превышает минимально допустимый уровень загрязнения бета-активными радионуклидами для персонала – 200 част/(см²*мин) (НРБ-99/2009, таблица 8.9)¹.

В пробах ила и грунта обнаружены техногенные радионуклиды (Cs-137, Co-60, Sr-90), удельная активность которых по мере удаления от реки Теча снижается и на расстоянии 150 и более метров становится меньше предела обнаружения гамма-спектрометром. В пробах ила наибольшую активность имеет Cs-137, чья удельная активность варьирует от 1760 до 78860 Бк/кг. Средняя удельная активность проб ила равна 42190 Бк/кг и с доверительной вероятностью 0,95 не превысит 68030 Бк/кг. Данная величина удельной активности превышает минимально значимую удельную активность Cs-137 (МЗУА_{Cs}) – 10 Бк/г (НРБ-99/2009, приложение 4) и ил реки Течи можно отнести к низкоактивным отходам (менее 1000 кБк/кг, ОСПОРБ 99/2010, таблица 3.12.1)². Удельная активность природных радионуклидов в пробах ила и грунта не превышает уровень, характерный для Челябинской области.

В пробах воды реки Течи обнаружены техногенные радионуклиды (Sr-90, Cs-137 и H-3). Уровни удельной активности Cs-137 (0,14–5,8 Бк/л) и H-3 (350 – 420 Бк/л) меньше уровня вмешательства (УВ) для взрослого населения в питьевой воде (УВ_{Cs-137} = 11 Бк/л, УВ_{H-3} = 7600 Бк/л, НРБ-99/2009, приложение 2а). Удельная активность Sr-90 во всех пробах (9,7 – 81 Бк/л) превышает УВ_{Sr-90} = 4,9 Бк/л (НРБ-99/2009, приложение 2а).

Участок поймы в районе населенного пункта Новое Муслумово

МЭД внешнего **гамма-излучения** на участке имеет резко выраженную неравномерность и варьирует от 0,07 до 1,35 мкЗв/ч. На урете р. Теча средняя МЭД равна 1,01 мкЗв/ч; максимальная средняя МЭД достигает 1,29 мкЗв/ч, что выше естественного гамма-фона местности. По мере удаления от реки МЭД снижается. На расстоянии от реки 150 м и более средняя МЭД равна 0,12 мкЗв/ч, не превысит 0,13 мкЗв/ч, что не выходит из пределов флуктуаций естественного гамма-фона, присущего данной местности.

Мощность потока **бета-излучения** на участке неравномерна и варьирует от 0,3 част/(см²*мин) на расстоянии 150 м от реки и более до 82 част/(см²*мин) на урете реки Теча. Средняя мощность потока бета-излучения на урете реки равна 60,4 част/(см²*мин), максимальная мощность не превысит 66 част/(см²*мин).

Загрязнение почвы и ила в данном случае является снимаемым загрязнением и для группы «население» - не регламентировано. В пробах ила и грунта обнаружены техногенные радионуклиды (Cs-137 и Sr-90), удель-

¹ Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). СанПиН 2.6.1.2523. М.: Минздрав России, 2009. 115 с.

² Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99). М.: Апрохим, 2000. 90 с.

ная активность которых по мере удаления от реки Теча снижается. В пробах ила наибольшую активность имеет Cs-137, чья удельная активность варьируется от 2480 до 8562 Бк/кг. Средняя удельная активность проб ила равна 5520 Бк/кг не превысит 14120 Бк/кг. Данная величина удельной активности превышает МЗУА_{Cs} – 10 Бк/г (НРБ-99/2009, приложение 4) и ил реки Течи можно отнести к низкоактивным отходам (менее 1000 кБк/кг, ОСПОРБ 99/2010, таблица 3.12.1). Удельная активность природных радионуклидов в пробах ила и грунта не превышает уровень, характерный для Челябинской области.

В пробах воды реки Течи обнаружены техногенные радионуклиды (Sr-90 и H-3). Уровни удельной активности H-3 (360 Бк/л) меньше уровня вмешательства (УВ) для взрослого населения в питьевой воде ($УВ_{H-3} = 7600$ Бк/л, НРБ-99/2009, приложение 2а). Удельная активность Sr-90 в пробе (8,5 Бк/л) превышает $УВ_{Sr-90} = 4,9$ Бк/л (НРБ-99/2009, приложение 2а).

Участок поймы в районе населенного пункта Бродокалмак

МЭД внешнего **гамма-излучения** на участке имеет резко выраженную неравномерность и варьируется от 0,08 до 1,12 мкЗв/ч. На урзе реки Теча средняя МЭД равна 0,82 мкЗв/ч. С учетом расширенной неопределенности измерений ($A + \Delta_{0,95}$) с доверительной вероятностью 0,95 максимальная средняя МЭД не превышает 0,88 мкЗв/ч, что выше естественного гамма-фона местности. По мере удаления от реки МЭД снижается, и на расстоянии 30 м и более с учетом расширенной неопределенности измерений ($A + \Delta_{0,95}$) с доверительной вероятностью 0,95 максимальная средняя МЭД не превысит 0,124 мкЗв/ч, что не выходит за пределы флуктуаций естественного гамма-фона, присущего данной местности.

Мощность потока **бета-излучения** на участке неравномерна и варьируется от 0,04 част/(см²*мин) на расстоянии 30 м от реки и более и до 28,2 част/(см²*мин) на урзе реки Теча. Средняя мощность потока бета-излучения на урзе реки равна 19,8 част/(см²*мин) и с доверительной вероятностью 0,95 максимальная средняя мощность не превысит 21,1 част/(см²*мин).

Загрязнение почвы и ила в данном случае является снимаемым загрязнением и для группы «население» не регламентировано. В пробах ила и грунта обнаружены техногенные радионуклиды (Co-60, Sr-90, Cs-137), удельная активность которых по мере удаления от реки Теча снижается и на расстоянии 30 и более метров удельная активность Co-60 и Sr-90 становится меньше предела обнаружения гамма-спектрометром. В пробах ила наибольшую активность имеет Cs-137, чья удельная активность варьируется от 3190 до 4730 Бк/кг. Средняя удельная активность проб ила равна 3960 Бк/кг и с доверительной вероятностью 0,95 не превысит 7420 Бк/кг. Данная величина удельной активности не превышает МЗУА_{Cs} – 10 Бк/г (НРБ-99/2009, приложение 4) и ил реки Течи не относится к низкоактивным отходам (менее 1000 кБк/кг, ОСПОРБ 99/2010, таблица 3.12.1), однако удельная активность Cs-137 значительно превышает уровень удельной активности, при которой разрешено неограниченное использование материалов – 0,1 Бк/г (ОСПОРБ 99/2010, приложение 3). Удельная активность природных радионуклидов в пробах ила и грунта не превышает уровень, характерный для Челябинской области.

В пробах воды реки Течи обнаружены техногенные радионуклиды (Sr-90 и H-3). Уровни удельной активности H-3 (240 Бк/л) меньше уровня вмешательства (УВ) для взрослого населения в питьевой воде ($УВ_{H-3} = 7600$ Бк/л, НРБ-99/2009, приложение 2а). Удельная активность Sr-90 в пробе (5,4 Бк/л) превышает $УВ_{Sr-90} = 4,9$ Бк/л (НРБ-99/2009, приложение 2а).

Участок поймы в районе населенного пункта Русская Теча

МЭД внешнего **гамма-излучения** на участке имеет резко выраженную неравномерность и варьируется от 0,08 до 1,08 мкЗв/ч. На урзе реки Теча средняя МЭД равна 0,75 мкЗв/ч. С учетом расширенной неопределенности измерений ($A + \Delta_{0,95}$) с доверительной вероятностью 0,95 средняя максимальная МЭД не превысит 0,91 мкЗв/ч, что выше естественного гамма-фона местности. По мере удаления от реки МЭД снижается, и на расстоянии 50 м и более становится равной 0,11 мкЗв/ч. С учетом расширенной неопределенности измерений ($A + \Delta_{0,95}$) с доверительной вероятностью 0,95 средняя максимальная МЭД не превысит 0,114 мкЗв/ч, что не выходит за пределы флуктуаций естественного гамма-фона, присущего данной местности.

Мощность потока **бета-излучения** на участке неравномерна и варьируется от 0,2 част/(см²*мин) на расстоянии 50 м от реки и более и до 21 част/(см²*мин) на урзе реки Теча. Средняя мощность потока бета-излучения на урзе реки равна 13,9 част/(см²*мин) и с доверительной вероятностью 0,95 она не превысит 22 част/(см²*мин).

Загрязнение почвы и ила в данном случае является снимаемым загрязнением и для группы «население» не регламентировано. В пробах ила и грунта обнаружены техногенные радионуклиды (Cs-137, Co-60, Sr-90), удельная активность которых по мере удаления от реки Теча снижается и на расстоянии 50 и более метров удельная активность Co-60 и Sr-90 становится меньше предела обнаружения гамма-спектрометром. В пробах ила наибольшую активность имеет Cs-137, чья удельная активность варьируется от 1140 до 2040 Бк/кг. Средняя удельная активность проб ила равна 1590 Бк/кг, максимальная средняя удельная активность и с доверительной вероятностью 0,95 не превысит 7330 Бк/кг. Данная величина удельной активности ниже МЗУА_{Cs} – 10 Бк/г (НРБ-99/2009, приложение 4) и ил реки Течи не относится к низкоактивным отходам (менее 1000 кБк/кг, ОСПОРБ 99/2010, таблица 3.12.1), однако удельная активность Cs-137 значительно превышает уровень удельной активности, при которой разрешено неограниченное использование материалов – 0,1 Бк/г (ОСПОРБ 99/2010, приложение 3). Удельная активность природных радионуклидов в пробах ила и грунта не превышает уровень, характерный для Челябинской области.

В пробах воды реки Течи обнаружены техногенные радионуклиды (Sr-90 и H-3). Уровни удельной активности H-3 (200 Бк/л) меньше уровня вмешательства (УВ) для взрослого населения в питьевой воде ($УВ_{H-3} = 7600$ Бк/л, НРБ-99/2009, приложение 2а). Удельная активность Sr-90 в пробе (6,7 Бк/л) превышает $УВ_{Sr-90} = 4,9$ Бк/л (НРБ-99/2009, приложение 2а).

Величины мощности эквивалентного излучения, мощности потока бета-частиц, удельной активности природных и искусственных радионуклидов, в образцах ила, грунта и воды, взятых в характерных точках приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Мощность эквивалентного излучения, мощности потока бета-частиц, удельной активности природных и искусственных радионуклидов в образцах ила, грунта и воды, взятых в характерных точках

Участок	№ пробы	Иловый осадок							
		МЭД	Поток β-частиц	$A_{уд} \pm \Delta_{0,95}$ (Бк/кг)					
		мкЗ/ч	част/ (см ² ·мин)	Ra-226	Th-232	K-40	Cs-137	Co-60	Sr-90
Асановские болота	6	15	450	238 ± 56,6	181 ± 21,5	299 ± 220	78860 ± 10770	Ниже предела обнаружения	170 ± 54
Муслюмово	9	1,3	35	119 ± 15,5	34 ± 6,1	407 ± 376	8560 ± 1180	Ниже предела обнаружения	6,5 ± 4,9
Бродокалмак	28	1,01	27,5	46,7 ± 5,95	50 ± 7,5	250 ± 200	4730 ± 650	7,8 ± 4,2	6,8 ± 5,1
Русская Теча	24	0,85	15,8	37,8 ± 4,1	31 ± 32	300 ± 201	2040 ± 145	9,1 ± 9	4,5 ± 3,9
Участок	№ пробы	Грунт поймы Течи (10-25 м от русла)							
		МЭД	Поток β-частиц	$A_{уд} \pm \Delta_{0,95}$ (Бк/кг)					
		мкЗ/ч	част/ (см ² ·мин)	Ra-226	Th-232	K-40	Cs-137	Co-60	Sr-90
Асановские болота	1	2,33	66,6	65,3 ± 7,5	48 ± 6,7	304 ± 173	49026 ± 6664	7,9 ± 4,3	Ниже предела обнаружения
Муслюмово	13	0,25	10,3	40,5 ± 7	45 ± 66,6	160 ± 160	950 ± 136	Ниже предела обнаружения	Ниже предела обнаружения
Бродокалмак	27	0,39	4,9	31,7 ± 2,5	35,7 ± 3,5	412 ± 174	1710 ± 236	Ниже предела обнаружения	Ниже предела обнаружения
Русская Теча	22	0,14	3,6	23,1 ± 3	24,5 ± 3,1	332 ± 159	17 ± 5,4	Ниже предела обнаружения	Ниже предела обнаружения
Участок	№ пробы	Грунт поймы Течи (более 50 м от русла)							
		МЭД	Поток β-частиц	$A_{уд} \pm \Delta_{0,95}$ (Бк/кг)					
		мкЗ/ч	част/ (см ² ·мин)	Ra-226	Th-232	K-40	Cs-137	Co-60	Sr-90
Асановские болота	3	0,3	42	21 ± 2,2	21 ± 3,6	300 ± 220	26 ± 9	Ниже предела обнаружения	Не измер.
Муслюмово	11	0,19	4,9	7,2 ± 1,73	21 ± 4,9	227 ± 181	19 ± 7	Ниже предела обнаружения	Не измер.
Бродокалмак	26	0,13	0,9	29,6 ± 3,9	33 ± 3,3	495 ± 198	16 ± 5,7	4,3 ± 4,2	Не измер.
Русская Теча	21	0,11	0,9	24,3 ± 2,6	19,7 ± 323	294 ± 280	11 ± 3,8	7,3 ± 3,9	Не измер.
Участок	№ пробы воды	Вода Течи							
		$A_{уд} \pm \Delta_{0,95}$ (Бк/л)						Н-3	
		Sr-90	Cs-137						
Асановские болота	1в	281 ± 15%	5,8 ± 46%		Не измер.				
	2в	9,8 ± 16%	0,43 ± 95%		420 ± 56%				
	3в	9,7 ± 34%	0,14 ± 100%		350 ± 48%				
Муслюмово	4	8,5 ± 33%	Ниже предела обнаружения		360 ± 46%				
Бродокалмак	25	6,7 ± 44%	Ниже предела обнаружения		200 ± 58%				
Русская Теча	30	5,4 ± 48%	Ниже предела обнаружения		240 ± 60%				

Характерные уровни мощности эквивалентной дозы излучения на обследованных участках

Участок	МЭД $\pm \Delta_{0,95}$, мкЗв/ч	
	Урез реки Теча (болота)	Удаление 50–100 м от русла реки Теча (болота)
Асановские болота	$2,7 \pm 2,17$ (МЭД _{МАХ} = 15,2)	$0,13 \pm 0,07$
Муслимово	$1,01 \pm 0,28$ (МЭД _{МАХ} = 1,35)	$0,12 \pm 0,05$
Бродокалмак	$0,82 \pm 0,31$ (МЭД _{МАХ} = 1,12)	$0,12 \pm 0,07$
Русская Теча	$0,7 \pm 0,33$ (МЭД _{МАХ} = 0,93)	$0,11 \pm 0,03$

Выводы

Полученные данные подтверждают результаты ранее проведенных исследований и представляют собой современные сведения о радиозоологической обстановке в пойме Течи.

Радиационную обстановку в пойме Течи определяют долгоживущие радионуклиды: в воде – Sr-90, в почве – Cs-137 (которые имеют меньшую растворимость в воде по сравнению с солями Sr-90). Источник радиоактивных загрязнений находится в верховье реки Теча, другие источники поступления радиоизотопов в реку (до посёлка Русская Теча) не выявлены.

Естественными аккумуляторами радиационных загрязнений являются Асановские болота. Из-за слабой проточности болот их вода имеет на порядок большую удельную активность по Sr-90, чем вода реки Теча.

Мощность эквивалентной дозы внешнего гамма-излучения (МЭД) на поверхности Асановских болот вблизи реки Теча **превышает** для населения установленный норматив НРБ-99/2009 (п. 4.2) – 2,5 мкЗв/ч, далее по течению – МЭД ниже этого норматива. МЭД на поверхности почвы ближе 10–20 м от реки **превышает** установленные ТСН РБ 2003 МО (п. 5.6) значения (**0,3 мкЗв/ч**) по всему течению и быстро снижается по мере удаления от реки до величин, характерных для Челябинской области.

В иловых осадках и грунтах поймы реки Теча наиболее мощным радиоактивным техногенным загрязнителем является Cs-137, удельная активность которого на порядки превышает активность других обнаруженных искусственных и природных радионуклидов. Иловые осадки имеют большее содержание Cs-137, чем грунты поймы. По мере удаления от затопляемых зон поймы Течи уровень радиационного загрязнения быстро снижается до средних величин по Челябинской области, также постепенно снижается и загрязнение реки Теча вдоль по течению.

В посёлках Муслимово и Русская Теча выявлены участки, примыкающие к пойме реки Теча, где фоновый уровень внешнего гамма-излучения выше фонового уровня местности, что связано с хозяйственным использованием населением воды из реки Теча (полив огородов и т.п.). Между тем содержание изотопа Sr-90 во всех пробах воды **превышает** уровень вмешательства, установленный НРБ-99/2009 (приложение 2) – 4,9 Бк/л, что исключает использование воды реки в хозяйственных целях.

Глоссарий

Бета-излучение (бета-лучи, или поток бета-частиц) – поток электронов или позитронов, испускаемых при радиоактивном бета-распаде ядер некоторых атомов. **Мощность потока бета-излучения** – количество бета-частиц, испускаемых с поверхности площадью в 1 см^2 в единицу времени (част/($\text{см}^2 \cdot \text{мин}$)).

Гамма-прослушивание местности – процесс поиска зон с повышенным гамма-фоном с использованием дозиметров и гамма-радиометров, которые работают в режиме прослушивания звукового сигнала. Радиометр перемещается прямолинейно или по Z-образным маршрутам. Дозиметры же позволяют измерить мощность эквивалентной дозы внешнего гамма-излучения в определенных контрольных точках, расположенных по сетке, шаг которой зависит от условий местности и масштаба съемки.

Кобальт-60 (Co-60) – радиоактивный нуклид химического элемента кобальта с атомным номером 27 и массовым числом 60. В природе практически не встречается из-за малого периода полураспада ($T/2=5,3$ года). Активность одного грамма этого нуклида составляет приблизительно 41,8 ТБк.

Минимально значимая удельная активность (МЗУА) – удельная активность открытого источника ионизирующего излучения в помещении или на рабочем месте, при превышении которой требуется разрешение органов госсанэпиднадзора на использование этого источника, если при этом также превышено значение минимально значимой активности.

Мощность эквивалентной дозы внешнего гамма-излучения (МЭД) – отношение приращения эквивалентной дозы за интервал времени. Единица измерения мощности эквивалентной дозы – Зиверт/час (Зв/ч). МЭД природного фона может колебаться от 0,07 мкЗв/час до 0,6 мкЗв/час.

Природный (естественный) радиационный фон – ионизирующее излучение земного и космического происхождения, постоянно воздействующее на человека. В радиационный фон не входят местные радиационные загрязнения окружающей среды в результате деятельности человека, равно как и облучение на производстве или при рентгенодиагностике и других медицинских процедурах.

Снимаемое радиоактивное загрязнение – часть радиоактивного загрязнения, которая удаляется с поверхности самопроизвольно (не считая радиоактивного распада) или в результате дезактивации обычно используемыми методами.

Стронций-90 (Sr-90) – радиоактивный нуклид химического элемента стронция с атомным номером 38 и массовым числом 90. Образуется преимущественно при делении ядер в ядерных реакторах и ядерном оружии. В окружающую среду ⁹⁰Sr попадает преимущественно при ядерных взрывах и выбросах с АЭС. Стронций является аналогом кальция и способен прочно откладываться в костях. Длительное радиационное воздействие Sr-90 и продуктов его распада поражает костную ткань и костный мозг, что приводит к развитию лучевой болезни, опухолей кровеносной ткани и костей. Период полураспада ($T_{1/2}$) – 28,8 года.

Тритий (H-3) – радиоактивный изотоп водорода с массовым числом 3. Ядро трития состоит из одного протона и двух нейтронов. Тритий бета-активен; период полураспада ($T_{1/2}$) – 12,26 года. В природе образуется в незначительных количествах под действием нейтронов космических лучей на атомы азота и при ядерных превращениях под действием космических частиц высоких энергий. Получают тритий и в ядерных реакторах. Тритий применяется как важнейший компонент в реакциях термоядерного синтеза, как горючее в термоядерных бомбах, а также в химических, биологических и гидрологических исследованиях.

Удельная активность – активность, приходящаяся на единицу массы вещества. Единица измерения – Бк/кг.

Цезий-137 (Cs-137) – радиоактивный нуклид химического элемента цезия с атомным номером 55 и массовым числом 137. Образуется преимущественно при делении ядер в ядерных реакторах и ядерном оружии. Цезий-137 – один из главных компонентов радиоактивного загрязнения биосферы. Содержится в радиоактивных выпадениях, радиоактивных отходах, сбросах заводов, перерабатывающих отходы атомных электростанций. Интенсивно сорбируется почвой и донными отложениями; в воде находится преимущественно в виде ионов. Содержится в растениях и организме животных и человека. Коэффициент накопления ¹³⁷Cs наиболее высок у пресноводных водорослей и арктических наземных растений, особенно лишайников. В организме животных ¹³⁷Cs накапливается главным образом в мышцах и печени. Наибольший коэффициент накопления его отмечен у северных оленей и североамериканских водоплавающих птиц. Также Cs-137 накапливается в грибах, ряд которых (маслята, моховики, свинушка, горькушка, польский гриб) считается «аккумуляторами» радиоцезия. Активность одного грамма этого нуклида составляет приблизительно 3,2 ТБк. Период полураспада ($T_{1/2}$) – 30 лет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). СанПиН 2.6.1.2523. М.: Минздрав России, 2009. 115 с. Normy radiatsionnoi bezopasnosti (NRB-99/2009). SanPiN 2.6.1.2523. Minzdrav Rossii, Moskva. 2009. 115 p.
2. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99). М.: Апрохим, 2000. 90 с. Osnovnye sanitarnye pravila obespecheniya radiatsionnoi bezopasnosti (OSPORB-99). Aproxhim, Moskva. 2000. 90 p..
3. Челябинская область: ликвидация последствий радиационных аварий. 2-е издание, испр. и доп. Под общ. ред. проф. А.В. Аклеева. Южно-Уральское книжное издательство. Челябинск. 2006. 344 с. Chelyabinskaya oblast': likvidatsiya posledstviy radiatsionnykh avarii. 2-e izdanie, ispr. i dop. Pod obshch. red. prof. A.V. Akleeva. Yuzhno-Ural'skoe knizhnoe izdatel'stvo. Chelyabinsk. 2006. 344 p.
4. Кузнецов В.М. Основные проблемы и современное состояние безопасности предприятий ядерного топливного цикла Российской Федерации. М.: Агентство «Ракурс Продакшн», 2002. 259 с. Kuznetsov V.M. (2002). Osnovnye problemy i sovremennoe sostoyanie bezopasnosti predpriyatii yadernogo toplivnogo tsikla Rossiiskoi Federatsii. Agentstvo «Rakurs Prodakshn», Moskva. 259 p.
5. Кузнецов В.М., Никитин В.С., Хвостова М.С. Радиоэкология и радиационная безопасность (история, подходы, современное состояние). М.: ООО «НИПКЦ Восход-А». 2011. 1208 с. Kuznetsov V.M., Nikitin V.S., Khvostova M.S. (2011). Radioekologiya i radiatsionnaya bezopasnost' (istoriya, podkhody, sovremennoe sostoyanie). ООО «NIPKTs Voskhod-A». Moskva. 1208 p.
6. Кузнецов В.М., Чеченов Х.Д., Никитин В.С. Вывод из эксплуатации объектов использования атомной энергии. М.: Издательство ООО «НИПКЦ Восход-А». 2009. 628 с. Kuznetsov V.M., Chechenov Kh.D., Nikitin V.S. (2009). Vyvod iz ekspluatatsii ob'ektov ispol'zovaniya atomnoi energii. Izdatel'stvo ООО «NIPKTs Voskhod-A». Moskva. 628 p.
7. Кузнецов, В.М., Чеченов Х.Д., Никитин В.С. Экологическая безопасность объектов использования атомной энергии. М.: ООО «НИПКЦ Восход-А», 2010. 852 с. Kuznetsov, V.M., Chechenov Kh.D., Nikitin V.S. (2010). Ekologicheskaya bezopasnost' ob'ektov ispol'zovaniya atomnoi energii. ООО «NIPKTs Voskhod-A», Moskva. 852 p.
8. Хвостова М.С. Инженерно-экологические особенности вывода из эксплуатации промышленных уран-графитовых ядерных реакторов и исследовательских ядерных установок // Известия Томского политехнического университета. 2012. Т: 320. № 1. Khvostova M.S. (2012). Inzhenerno-ekologicheskie osobennosti vyvoda iz ekspluatatsii promyshlennykh uran-grafitovykh yadernykh reaktorov i issledovatel'skikh yadernykh ustanovok // Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. 2012. T: 320. N 1.
9. Хвостова М.С. Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на территории России // Экология урбанизированных территорий. 2012. № 3. Khvostova M.S. (2012). Obespechenie yadernoi i radiatsionnoi bezopasnosti na territorii Rossii. Ekologiya urbanizirovannykh territorii. N 3.