

В.В.Литовский, П.П.Зольников

ДОЗООБРАЗУЮЩИЕ ФАКТОРЫ ПОЙМЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ РЕК ТЕЧИ И ИСЕТИ

Проблема радиоактивного загрязнения пойменных территорий рек Течи и Исети является одной из основных на Урале. Возникшая в ходе создания и отлаживания первых промышленных технологий плутониевого производства, она длительное время являлась предметом исследования только ведомственных служб, и для открытых исследований стала доступна лишь с апреля 1990 г. [1]. К этому времени срок загрязнения реки Течи, исчисляемый от даты поступления продукции с атомного реактора на радиохимический завод (22 декабря 1948 г.), составил более сорока лет. В этой связи динамика поступления радионуклидов в гидрографическую систему рек Теча-Исеть осталась практически неизвестной, и радиационные нагрузки на окружающую среду могут оцениваться только на основании модельных расчетов, использующих данные экспериментальных исследований с 1990 г. В настоящей работе используется экспериментальный материал, полученный авторами в ходе первых открытых радиометрических исследований пойменных территорий рек Течи-Исети (1990-1992), приводятся комплексные сведения об основных дозообразующих факторах этого региона.

Экспериментальные исследования

Первые открытые радиометрические исследования пойменных территорий реки Течи (водохранилище №11 - Асановские болота -с.Русская Теча, Челябинская обл.) были выполнены 1-й общественной радиозэкологической экспедицией в период с 11 по 26 августа 1990 г., группой экспертов из Челябинска (Э.И.Порецкая, "Практик-центр") и Екатеринбурга (С.Я.Баянкин, П.П.Зольников, В.В. Литовский, кафедра общей физики Свердловского инженерно-педагогического институ-

та). Данная группа работала в контакте с экспедицией, организованной по распоряжению президиума АН СССР №11400-501 от 12.06.1990, а также с группами, представляющими ПО "Маяк", филиал Института биофизики №1 и Челябинскую ОблСЭС. Ниже приведены необходимые для исследования материалы отчетов, представленных группой в Координационный совет по проблемам экологии при Челябинском облисполкоме (28.08.90) и в президиум АН СССР (03.09.90), а также частично представленные в публикации [1].

Первые открытые радиометрические исследования пойменных территорий реки Исети (от с.Колчедан до д.Мамонтовка, Курганская обл.) были проведены под руководством одного из авторов - П.П.Зольникова - в весенне-летний период 1992 г. Группа исследователей (А.Е. Кондрашов, П.В. Гурковский, Л.С. Дворкин, В.С. Семенов, З.С. Шакиров) работала в контакте с сотрудниками Института промышленной экологии УрО АН СССР. Необходимые для предмета исследования экспериментальные данные, полученные этой группой, заимствованы из архивных материалов П.П.Зольникова (кафедра общей физики УГПТУ).

Измерения экспозиционной дозы гамма-излучения

Мощность экспозиционной дозы гамма-излучения измерялась дозиметрическими приборами ДРГ-01Т, СРП-68-01 (река Теча, 1990), ДРГ-01Т (река Теча, 1994, 1998), СРП-88Н и ДРГ-107Ц (река Исеть, 1992). В ходе исследований приборы сверялись по источникам из набора ОСГИ № 900. При этом приборы типа СРП на загрязненных искусственными радионуклидами территориях ввиду значительного хода с жесткостью использовались как индикаторы, а ДРГ - как основные приборы согласно их эксплуатационным характеристикам. Ввиду того, что в качестве основного источника гамма-излучения в пойме рек Течи и Исети является цезий-137 с периодом полураспада 30 лет [2], результаты исследований 1990-1992 гг. были сведены в общую таблицу (табл. 1).

Приведенные в данной таблице усредненные значения мощности экспозиционной дозы находились не менее чем по 10 экспериментальным точкам на местности, а в отдельных случаях из выборки из 30 точек и более.

Из данных табл.1 следует, что усредненные мощности экспозиционной дозы составляли от 440 мкР/ч в районе Асановских болот (плотина водоема N11) до 8 мкР/ч у с. Кондинского, расположенного примерно в 300 км от указанного места. Наибольшие их значения были зафиксированы на пойменных территориях у с.Мусломово (820 мкР/ч) и в районе Асановских

Таблица 1

№ п/п	Название объекта	Расстояние от п.1, Км	Мощность экспозиционной дозы, мкР/ч		Поверхностная активность, Ки/км ²	
			максимальная	средняя	максимальная	средняя
1	Асановские болота	0	570	444	28,9	22,5
2	Мост (тракт Челябинск-Екатеринбург)	12	430	124	21,8	6,3
3	с.Мусломово	40	820	415	41,6	21,0
4	Бродокалмак	70	140	64	7,1	3,3
5	с.Русская Теча	95	30	26	1,5	1,3
6	с.Затеченское	180	12	10	-	-
7	с.Красноисетское	185	17	14	0,6	0,5
8	с.Нижний Яр	190	13	12	0,4	0,2
9	с. Крутиха	195	16	12	0,3	0,3
10	с.Ячменево	200	15	13	0,3	0,1
11	с. Коврига	205	14	11	0,3	0,2
12	с.Красномыльское	210	13	11	0,2	0,2
13	с.Мыльниково	220	14	12	0,2	-
14	Ст.Барневка	230	15	12	0,2	0,2
15	с. Нижнеполевское	240	16	13	0,3	0,2
16	с.Колмагоровское	255	14	12	0,2	0,1
17	с.Нечунаево	270	13	11	0,1	0,1
18	с.Кондинское	285	10	8	0	0
19	с.Мехонское	300	11	8	0	0

болот (570 мкР/ч). Следует отметить, что последние измерения проводились вблизи насыпи плотины водоема №11 со следами предварительно произведенных земляных работ, поэтому они лишь отчасти отражают исходную радиационную картину загрязнения.

Измерения плотности потока бета-излучения

Измерения плотности потока бета-излучения проводились в пойме реки Течи от Асановских болот до с. Русская Теча и осуществлялись с помощью радиометрического универсального прибора РУП-1. Полученные результаты представлены в табл.2

Таблица 2

№ п/п	Название объекта	Расстояние от п.1, км	Плотность потока, $1/(\text{см}^2 \cdot \text{с})$		Поверхностная активность, $\text{Ки}/\text{км}^2$	
			максимальная	средняя	максимальная	средняя
1	Асановские Болота	0	700	315	3,2	1,4
2	Мост (тракт Челябинск – Екатеринбург)	12	120	58	0,5	0,3
3	Старый мост	14	270	-	1,2	-
4	с.Муслумово	40	200	78	0,9	0,4
5	с.Бродокалмак	70	55	29	0,3	0,1
6	с.Русская Теча	95	30	15	0,1	0,1

Из этих данных следует, что наибольшая плотность потока бета-частиц наблюдается в районе Асановских болот (700 частиц/ $\text{см}^2 \cdot \text{мин}$). Соответствующее значение в районе с. Русская Теча убывает до 30 частиц/ $\text{см}^2 \cdot \text{мин}$). Усредненные зна-

чения в указанных пунктах изменяются от 315 до 15 частиц/(см²·мин).

Исследования плотности потока в зависимости от глубины залегания слоя почвы показали, что наибольшие концентрации стронция-90 находятся на глубине 15-20 см [1].

Гамма - спектрометрические измерения

Спектрометрические исследования проводились в лабораторных и полевых условиях. Для лабораторной спектрометрии проб из поймы реки Течи использовался многоканальный анализатор АИ-256-6, а для проб из поймы реки Исети - АИ-1024-95 со сцинтилляционным детектором и кристаллом NaI (Тl) размером 100 x 150 мм.

В полевых исследованиях поймы реки Исети использовался также полевой гамма-спектрометр на базе многоканального анализатора SNIP со сцинтилляционным детектором и кристаллом NaI (Тl) размером 3 x 3 дюйма производства фирмы SILENA (Италия).

Лабораторные исследования показали, что содержание цезия-137 в речном иле в районе с. Мюслумово находилось в пределах от 300 до 500 нКи/кг. Наибольшее содержание цезия-137 в пробах из поймы реки Течи составляло 428 нКи/кг, а в донных отложениях - 292 нКи/кг. Максимальная концентрация цезия-137 на пойменных территориях реки Исети была зафиксирована у с. Красноисетского и составляла 5 нКи/кг. Соответствующая поверхностная активность составляла 0,5 Ки/км².

Глубина залегания слоев с наибольшим количеством цезия-137 составляла 15 см, что свидетельствовало о преимущественном сосредоточении цезия в 20 - сантиметровом слое почвы. Уровни поверхностной активности А в пойме реки Исети непосредственно оценивались полевым гамма-спектрометром (см. табл.1, стб.4,5), а в пойме реки Течи определялись на основе экспериментальных данных о мощности экспозиционной дозы Х по следующей формуле:

$$A=X/(4\pi r) ,$$

где γ - переводной дозовый коэффициент, соответствующий мощности экспозиционной дозы на высоте 1 м при поверхностном загрязнении почвы с активностью в 1 Ки/м² определенным радионуклидом [3].

Как следовало из этих данных, уровень поверхностной активности снижался от 22,5 Ки/км² (Асановские болота) до нуля (с.Кондинское, Курганская обл.).

Оценка дозообразующих факторов

С учетом вышеприведенной информации была проведена оценка дозообразующих факторов. Верхние предельные значения годовых экспозиционных доз, формируемых за счет внешнего фотонного облучения при условии постоянного нахождения человека в радиационных полях соответствующих пунктов, приведены в табл.3.

Ожидаемая внутренняя доза, определенная по значениям поверхностной активности, приведенным в табл. 2 и переводным табулированным данным [3], представлена в столбце 3 этой табл.3.

Таблица 3

№ п/п	Название объекта	Расстояние от п.1, км	Максимальная годовая экспозиционная доза, Р	Ожидаемая внутренняя доза от Cs-137, бэр
1	Асановские болота	0	4,4	12
2	Мост (тракт Челябинск-Екатеринбург)	12	1,2	4
3	с.Муслимово	40	4,1	12
4	с.Бродокалмак	70	0,6	2
5	с.Русская Теча	95	0,3	1

Оценочные значения ожидаемых доз, возникающих за счет поступления в организм стронция-90, находились из предпо-

ложения, что при загрязнении территории в 1 Ки/км^2 в рацион человека попадает 14 нКи/сутки [4].

Для определения диапазона возможных дозовых нагрузок на все тело человека использовались соотношения между дозой внутреннего облучения и поступлением стронция-90 для двух предельных случаев [5]: а) постоянного хронического поступления радионуклида; б) разового поступления радионуклида в количестве 1 мКи/сутки .

Из данных, приведенных в табл.4 (стб. Б), следует, что при хроническом поступлении в организм взрослого человека стронция-90 внутренняя доза за тысячу дней при постоянном нахождении в районе Асановских болот составит $13,7 \text{ бэр}$, а в районе с.Муслумово - $3,9 \text{ бэр}$. Для детей в возрасте до 8 лет эти значения будут вдвое выше.

Контрольные замеры уровня гамма- и бета-излучения, выполненные в августе 1994 г. и 1998 г. в точке 2, показали, что они изменяются незначительно.

Таблица 4

№ п/п	Название объекта	Расстояние от п.1, км	Поверхностная активность, Ки/км^2		Доза за 1000 дней, мбэр	
			максимальная	средняя	А	Б
1	Асановские Болота	0	3,2	(1,4)	58 (26)	31360 (13720)
2	Мост (тракт Челябинск – Екатеринбург)	12	0,5	(0,3)	9 (5)	4900 (2940)
3	Старый мост	14	1,2	-	22 -	11800 -
4	с.Муслумово	40	0,9	(0,4)	16 (7)	8800 (3900)
5	с.Бродокалмак	70	0,3	(0,1)	5 (2)	2900 (1000)
6	с.Русская Теча	95	0,1	(0,1)	2 (2)	1000 (1000)

В частности, плотность потока бета-частиц варьировалась по максимальным значениям от 150 частиц/см²·мин (1994) до 130 частиц/см²·мин (1998), а по средним значениям 60 (частиц/см²·мин) и 65 (частиц/см²·мин) соответственно. Из этой информации можно предположить, что из верховьев реки Течи продолжают вынос радиоактивных илов и их накопление на низменных припойменных территориях, например таких, как у с.Мюсломово. Следовательно, при теоретическом моделировании дозообразования более адекватной является модель хронического поступления радионуклидов в рацион местных жителей.

Выводы

Обобщение результатов экспедиционных исследований, выполненных на пойменных территориях рек Течи и Исети, показало, что при удалении от каскада плотин и водоемов, блокирующих поступление радионуклидов в открытую гидрографическую систему этих рек (т.е. от плотины №11), загрязнение искусственными радионуклидами проявляет себя до с.Кондинского (Курганская обл). Средние значения поверхностной активности по Cs-137 варьируются от 22,5 Ки/км² (Асановские болота у плотины №11) до 0,1 Ки/км² у с. Нечунаево (Курганская обл), расположенного примерно в 270 км от исходной точки. Аналогичные значения по стронцию-90 изменяются от 1,4 Ки/км² (Асановские болота) до 0,1 Ки/км² (с. Русская Теча, Челябинская обл.).

Полученные результаты свидетельствуют о неоднородном загрязнении цезием-137 территорий по мере удаления от плотины №11. В частности, превышение уровня гамма-излучения наблюдается на низменных заливных территориях в районе с.Мусломово, что может быть связано с повышенным задерживанием радиоактивных илов травянистым покровом во время весенних паводков. На пониженных участках пойменных территорий данное превышение может достигать 16 Ки/км². На вынос радиоактивных илов указывают и данные, полученные в ходе контрольных замеров, проведенных в

1994 г. и 1998 г. возле моста через реку Течу по тракту Екатеринбург-Челябинск.

Оценка дозообразующих факторов показывает, что существенные избыточные дозовые нагрузки приходятся на население с.Мусломово. Здесь предельные ожидаемые внутренние дозы, формируемые за счет поступления цезия-137, могут составить 12 бэр.

Предельные внутренние дозы, формируемые за счет стронция-90, еще выше. При хроническом поступлении стронция-90 в рацион питания населения они могли составить для взрослых жителей с.Мусломово за три года после проведения исследований 4 бэра, для детей в возрасте до 8 лет эти значения могли быть вдвое выше. Для жителей с. Русская Теча приведенные значения снижаются до 1 бэра за три года.

Таким образом, основными дозообразующими факторами в населенных пунктах на территории Челябинской области по-прежнему являются внешнее и внутреннее фотонное излучение, обусловленное цезием-137, а также внутреннее облучение, создаваемое инкорпорированным стронцием-90.

Литература

1. Литовский В.В. Урал. Радиационные катастрофы. Теча. Свердловск: Изд-во Урал. ин-та типового проектирования, 1992.
2. Вредные химические вещества. Радиоактивные вещества: Справ. /В.А.Баженов, Л.А.Булдаков, И.Я.Василенко и др. Л.: Химия, 1990.
3. Гусев Н.Г., Дмитриев П.П. Радиоактивные цепочки: Справ. М.: Энергоатомиздат, 1988.
4. Итоги изучения и опыт ликвидации последствий аварийного загрязнения территорий продуктами деления урана /Под ред. А.И.Бурназяна //Энергия. 1990. №1,2.
5. Абрамов Ю.В., Голутвина М.М. Эффективные эквивалентные дозы от стронция-90 //Актуальные вопросы радиационной гигиены: Сб. М., 1983.