

Оценка современных доз техногенного облучения жителей населённых пунктов, расположенных на берегах Енисея, в зоне наблюдения ФГУП «Горно-химический комбинат»

А.И. Григорьев¹, Л.В. Панкратов², С.Е. Скударнов¹, Ю.С. Чурикова¹

¹ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Красноярском крае», Красноярск

² Управление Роспотребнадзора по Красноярскому краю, Красноярск

Цель исследования заключается в оценке современных доз облучения жителей шести населённых пунктов, расположенных в пойме реки Енисей, в том числе доз, обусловленных техногенным радиоактивным загрязнением, связанным с деятельностью ФГУП «Горно-химический комбинат». Результаты работы свидетельствуют о том, что дозы облучения населения, обусловленные техногенной составляющей, не превышают установленных гигиенических нормативов, а дозы облучения населения указанных населённых пунктов в целом не превышают суммарных доз облучения жителей Красноярского края.

Ключевые слова: доза облучения, естественные радионуклиды, зона наблюдения, Красноярский край, мощность дозы, объёмная активность радона, пищевая продукция, почва, радиоактивное загрязнение, техногенные радионуклиды.

Введение

Радиационная безопасность – важный аспект для обеспечения здоровья населения, особенно когда люди проживают рядом с таким промышленным гигантом, как ФГУП «Горно-химический комбинат» (ГХК). Зона наблюдения (ЗН) ГХК включает территорию с радиусом 20 км вокруг точки газо-аэрозольных выбросов и пойму р. Енисей на протяжении 1000 км от места жидких сбросов комбината. В 20-километровой ЗН ГХК расположено 12 сельских населённых пунктов (НП) с общей численностью населения 8,4 тысячи человек и г. Железногорск с населением 102 тыс. человек. На берегах Енисея в границах зоны наблюдения расположено более 30 населённых пунктов, в том числе города Енисейск и Лесосибирск.

Пойма Енисея на протяжении 250 км от места сброса отходов до впадения Ангары наиболее загрязнена техногенными радионуклидами. Далее на север, как показывают исследования, ситуация существенно изменяется к лучшему. До устья Ангары в пойме Енисея в границах ЗН имеются многочисленные участки аккумуляции техногенных радионуклидов, присутствующих в жидких сбросах комбината. В 2008–2010 гг. специалистами ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Красноярском крае» (далее – Центр гигиены) проведена оценка современных доз облучения жителей шести населённых пунктов (сёла Большой Балчуг, Кононово, Юксеево, Казачинское, Момотово и рп. Предивинск), расположенных на берегах Енисея в ЗН на расстоянии от 6 до 185 км от места сброса жидких отходов ГХК (рис. 1). В этих шести НП проживает 8050 человек, что составляет 80% от всего населения, проживающего в пойме Енисея от места сброса до устья Ангары. Таким образом, получена достаточно полная информация о степени влияния техногенного загрязнения Енисейской поймы на дозовые нагрузки населения.

Необходимо отметить, что 15 апреля 2010 г. был остановлен и заглушен последний атомный реактор Горно-химического комбината. Никаких жидких радиоактивных

отходов теперь не выпускается в Енисей, но источником техногенного радиоактивного загрязнения являются процессы размыва и переотложения многолетних осадков, а также процессы фильтрации и дренирования, проходящие в местах расположения прудов-отстойников и подземных хранилищ.

Радиационная обстановка техногенного происхождения в долине реки Енисей сформировалась за период пятидесятилетней деятельности ГХК как результат нормативных и аварийных сбросов в реку загрязнённых вод реакторного и радиохимического заводов.

Обследование радиационной обстановки в пойме реки впервые проводилось в 1950-х гг., вскоре после запуска первого ядерного реактора. Результаты исследований, периодически проводимых на этой территории вплоть до конца 1980-х гг., остались практически неизвестны. С начала 1990-х гг. начали появляться публикации о радиационной обстановке на данной территории. До 2008 г. выводы по результатам исследований достаточно сильно отличались друг от друга, поэтому достоверной информации о дозах техногенного облучения жителей населённых пунктов, расположенных на берегах Енисея в зоне наблюдения ГХК, не было.

В 2008 г. радиационные исследования проводились в селах Большой Балчуг и Кононово [1]. Село Большой Балчуг находится на правом берегу Енисея в 6 км от границы санитарно-защитной зоны ГХК. Это первый населённый пункт, находящийся на пути вод Енисея, несших в себе реакторную смесь техногенных радионуклидов. Выпуск жидких отходов ГХК осуществлялся в непосредственной близости к правому берегу реки, поэтому до устья ближайшего достаточно полноводного притока – реки Кан – радиоактивный след должен тянуться в основном вдоль правого берега, пока воды Кана не отожмут загрязнённые воды к центру Енисея и не заставят их перемешиваться более интенсивно. На левом берегу Енисея исследовалось ближайшее густонаселённое село

Кононово, на береговой полосе которого специалистами Центра гигиены были найдены так называемые «горячие» частицы. На левом берегу Енисея, выше этого села «горячих» частиц исследователи не обнаруживали никогда.

В 2009 г. для исследования были выбраны два населенных пункта: село Юксеево (левый берег Енисея) и рабочий поселок Предивинск (правый берег Енисея) [2]. Выбор этих населенных пунктов был обусловлен тем, что в них сосредоточено 80% всего населения, проживающего на участке реки Енисей на расстоянии от 60 до 140 км от места сброса жидких отходов ГХК. Село Юксеево расположено в зоне аккумуляции техногенных радионуклидов, а посёлок Предивинск – в зоне транзита на противоположном берегу реки.

В 2010 г. были исследованы условия проживания населения в сёлах Казачинское (левый берег Енисея) и Момотово (правый берег Енисея) [3]. Ещё в начале 2000-х гг. на берегах Енисея в пределах указанных сёл были обнаружены участки с аномальным радиоактивным фоном. В границах и в окрестностях указанных НП есть и заросшие протоки, и острова, что приводило к аккумуляции техногенных радионуклидов [4].

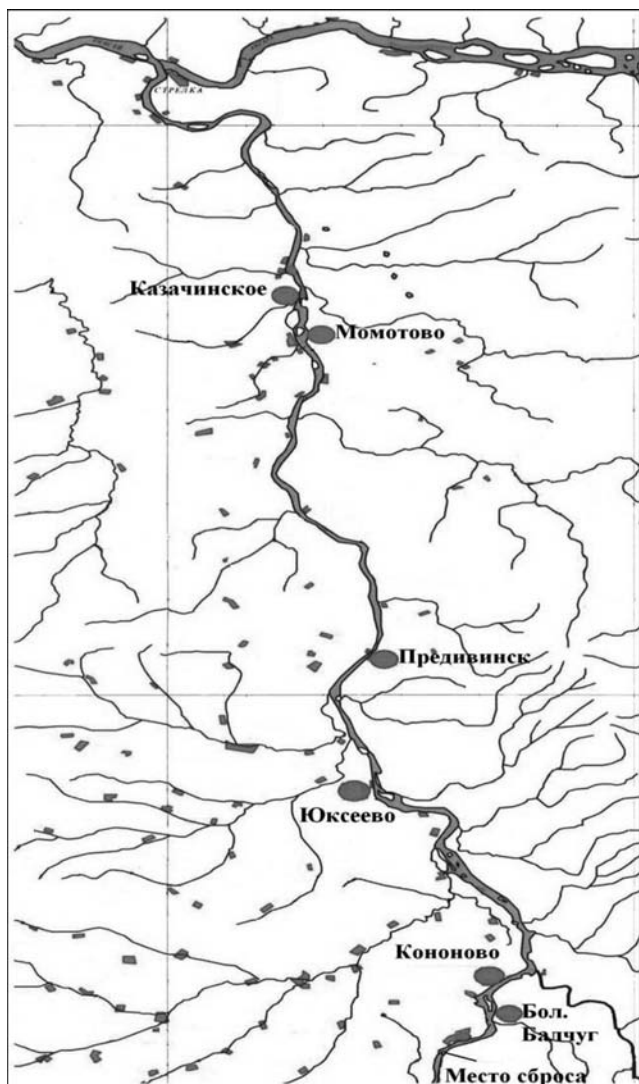


Рис. 1. Схема расположения исследованных населенных пунктов на берегах Енисея

Цель исследования – оценка современных доз облучения населения, проживающего в НП Большой Балчуг, Кононово, Юксеево, Предивинск, Момотово, Казачинское и определение вклада техногенного облучения, обусловленного деятельностью ГХК. Гидродинамические, географические, геологические и даже экономические характеристики, присущие изученным населённым пунктам, перекрывают практически весь диапазон их возможных изменений от места сброса до устья Ангары.

Задачи исследования

1. Выделение критической и контрольной групп жителей, проживающих в населенных пунктах, основная деятельность которых не связана с выездом за пределы населённого пункта (НП).
2. Проведение анкетирования и расчёт долей времени, которые человек проводит вне НП, на территории НП и в закрытых помещениях. Расчёт среднего годового потребления продуктов питания для обеих групп.
3. Проведение гамма-съёмки береговой полосы, приусадебных участков, отбор и исследование проб почвы, воды и основных продуктов питания.
4. Определение мощности дозы внешнего гамма-излучения и эквивалентной равновесной объёмной активности (ЭРОА) радона в жилых и общественных помещениях НП.
5. Расчёт доз облучения жителей от внешних и внутренних источников облучения, выявление, при возможности, вклада техногенных источников, связанных с деятельностью ГХК.

Материалы и методы

Выбор аппаратуры и методов, использованных при выполнении научно-исследовательской работы, определялся необходимостью проведения полного радиационного обследования. Конкретные способы и параметры проводимых измерений мощности дозы внешнего гамма-излучения в различных локациях исследуемых населённых пунктов были установлены в соответствии с действующими методическими рекомендациями [5, 6].

1. Гамма-съёмка береговой полосы. Участки техногенного радиоактивного загрязнения в пойме Енисея обычно имеют точечный или вытянутый вдоль берега реки характер. Они, как правило, локализируются на границе отложений высокой и низкой пойм, реке у кромки воды. Гамма-съёмка выполнялась с использованием поисковых радиометров типа «СРП 68-01».

Точные измерения мощности дозы выполнялись в отдельных точках с использованием профессионального дозиметра ДРГ-01Т1.

2. Гамма-съёмка приусадебных участков. Гамма-съёмка приусадебных участков выполнялась по всей площади участка с равномерно распределёнными точками измерения гамма-фона. Между точками выполнялся непрерывный контроль гамма-фона с использованием дозиметра ДРГ-01Т1.

3. Отбор проб. Отбор проб грунта производился цилиндрическим пробоотборником диаметром 64 мм до глубины 5–10 см.

Отбор проб пищевых продуктов и воды производился в соответствии с методическими рекомендациями.

4. Лабораторные исследования. Определение активности дозообразующих природных и техногенных радионуклидов в пробах осуществлялось с использованием метода гамма-спектрометрического анализа и метода радиохимического определения ⁹⁰Sr.

Определение общей (суммарной) α- и β-активности воды выполнялось путем упаривания пробы воды до сухого остатка для концентрирования присутствующих радионуклидов и измерения скорости счета α- и β-излучения полученного образца с использованием низкофонового радиометра «Berthold LB-770» (Германия).

Определение мощности дозы внешнего гамма-излучения в помещениях выполнялось с использованием термолюминесцентной дозиметрии с временем экспозиции дозиметров не менее 1 месяца. Для измерения накопленных доз использовался аппаратный комплекс АКЖДК-201.

ЭРОА радона в жилых и общественных помещениях определялась интегральным методом – посредством длительного (не менее 1 месяца) экспонирования трековых радиометров радона с последующим использованием искровой техники подсчета треков.

Результаты и обсуждение

При изучении доз облучения населения среди жителей всех НП были выделены две группы: контрольная и критическая в количестве не менее 15 человек. К критической группе были отнесены люди, проводящие значительную долю времени на берегах Енисея, где наблюдался повышенный радиационный фон, обусловленный радиоактивным загрязнением поймы; эти люди преимущественно являлись рыбаками или грибниками. Проведенное анкетирование позволило выделить критические группы и

связать их с величиной потребления рыбы местного улова, грибов и ягод. Не всегда эта связь была очевидной, но чаще она наблюдалась.

В таблице 1 приведена усредненная по 6 исследованным населенным пунктам структура времени проживания опрошенного населения двух групп (критической и контрольной), из которой видно, что доля времени нахождения на береговой полосе существенно различается для этих двух групп (0,15 и 0,01 соответственно), в то время как время нахождения в помещениях или на остальной территории отличаются слабо.

Таблица 1

Среднегодовое распределение времени проживания для 6 НП поймы Енисея (в относительных единицах)

Группа	Помещения	Улицы НП и окрестности	Береговая полоса
Критическая	0,57	0,28	0,15
Контрольная	0,71	0,28	0,01

Таблица 2 характеризует средний рацион критической и контрольной групп населения в исследованных НП. Наиболее существенная разница между группами наблюдается в потреблении рыбы местного вылова (51 и 9 кг/год соответственно).

На рисунках 2–8 приведены диаграммы распределения жителей одного из НП (с. Юксеево) по потреблению основных дозообразующих продуктов питания.

Из диаграмм видно, что потребление картофеля, хлеба, молока и мяса не зависит от отнесения к той или иной группе, но увеличенное потребление рыбы и дикоросов есть критический признак, совпадающий с резко увеличенным средним временем пребывания за пределами села.

Таблица 2

Средний рацион питания населения из выделенных групп (кг/год)

Группа	Хлеб	Мясо	Картофель	Молоко	Рыба	Грибы	Ягода
Критическая	121	59	182	136	51	8	14
Контрольная	109	49	192	114	9	7	10

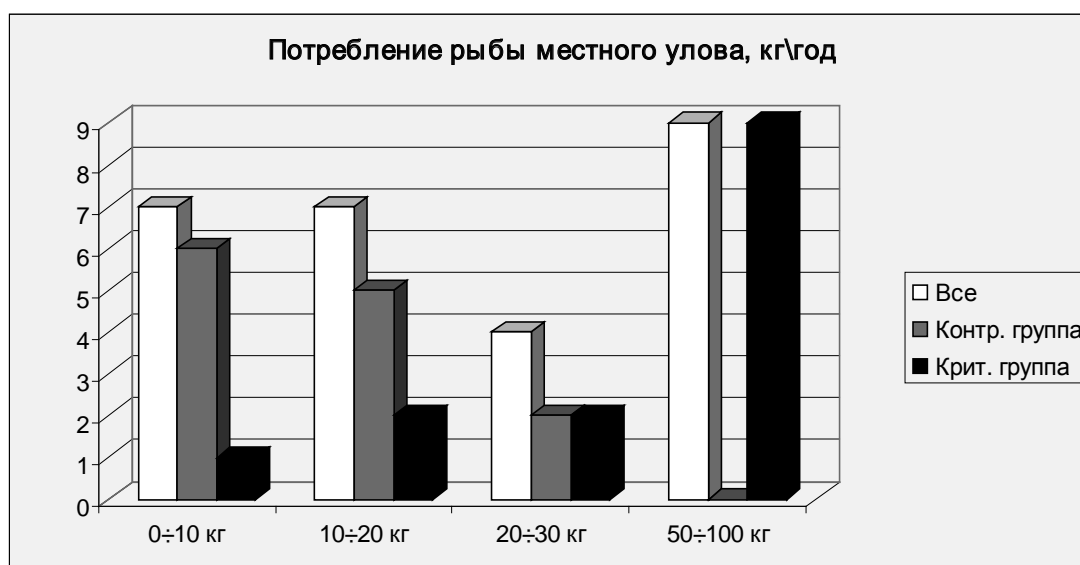


Рис. 2. Распределение жителей НП по потреблению рыбы

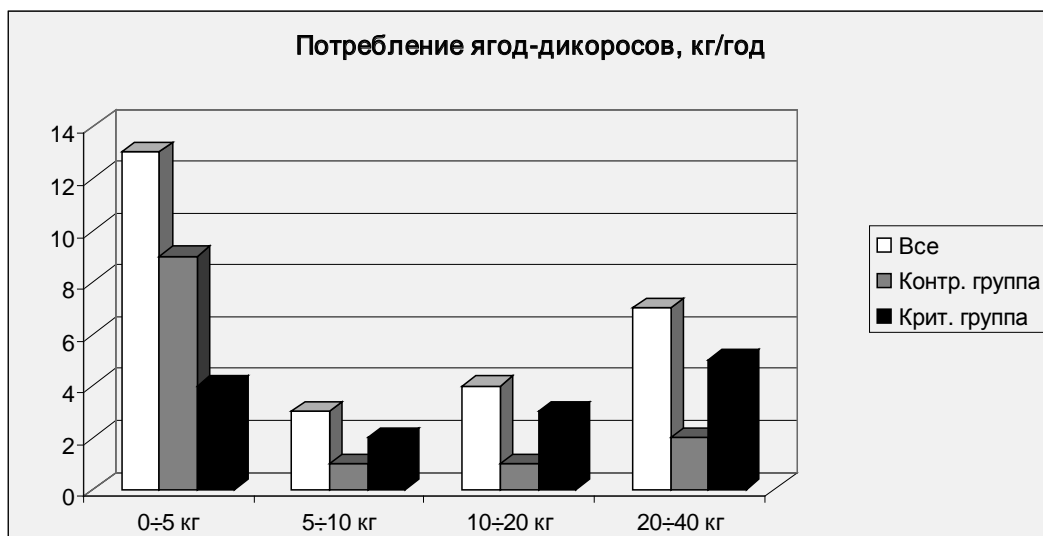


Рис. 3. Распределение жителей НП по потреблению ягод-дикоросов

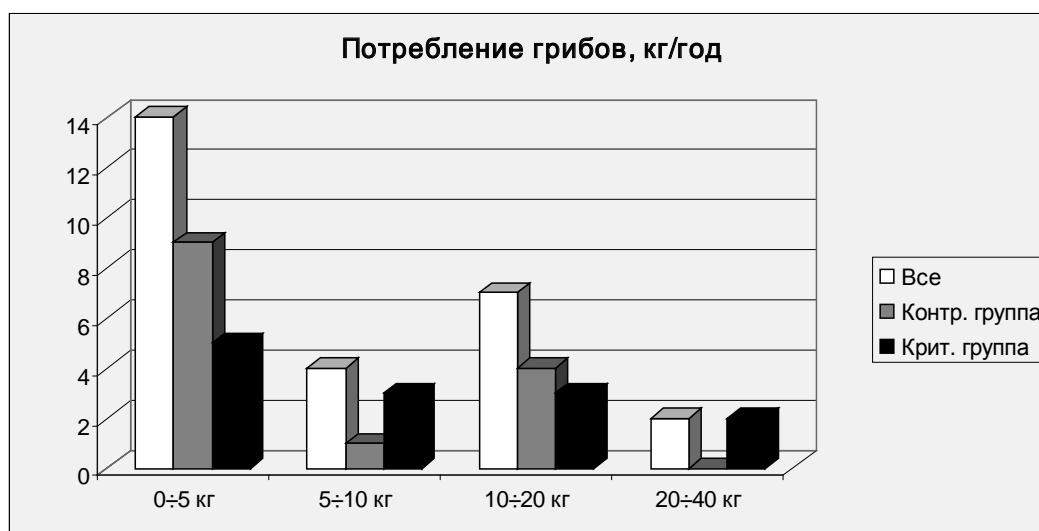


Рис. 4. Распределение жителей НП по потреблению грибов

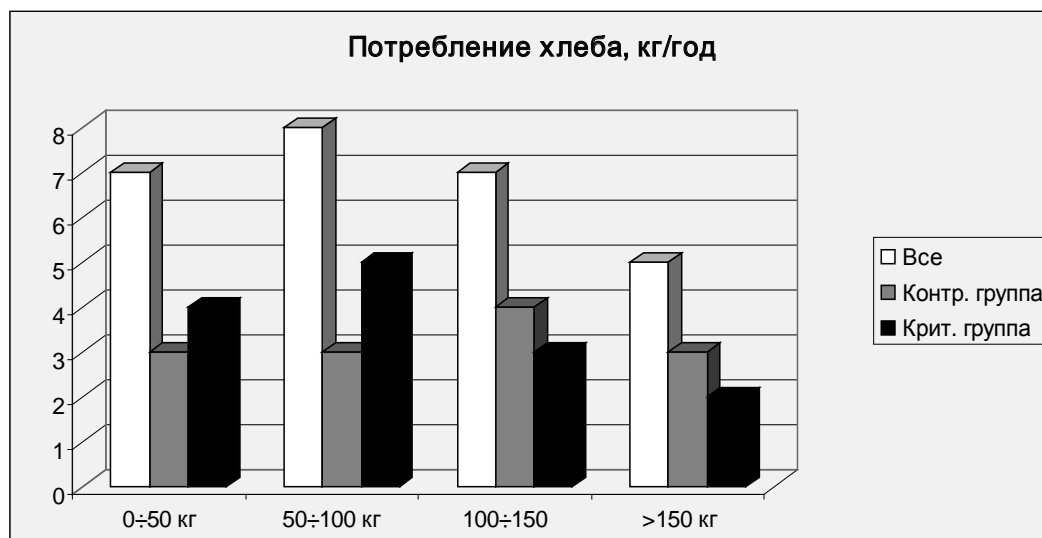


Рис. 5. Распределение жителей НП по потреблению хлебных изделий

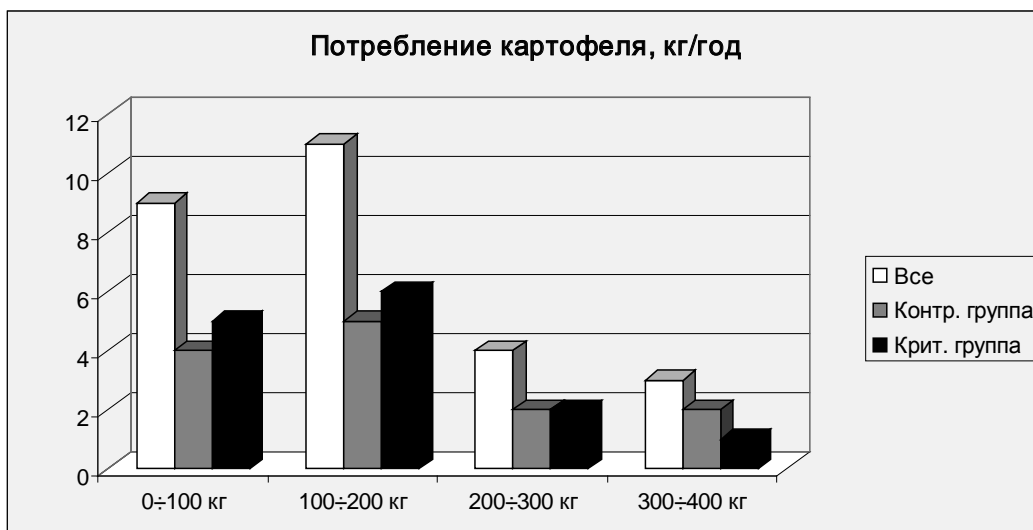


Рис. 6. Распределение жителей НП по потреблению картофеля

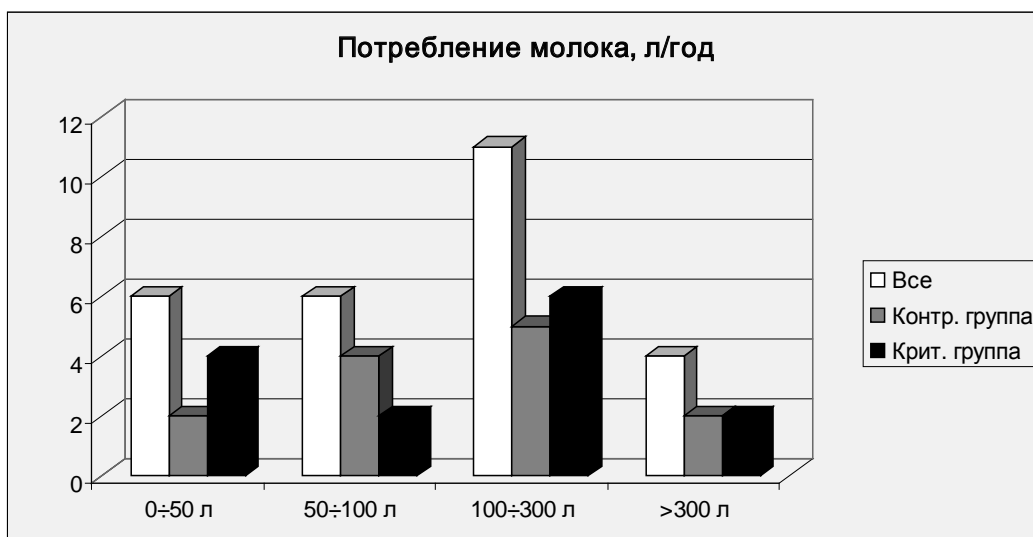


Рис. 7. Распределение жителей НП по потреблению молока

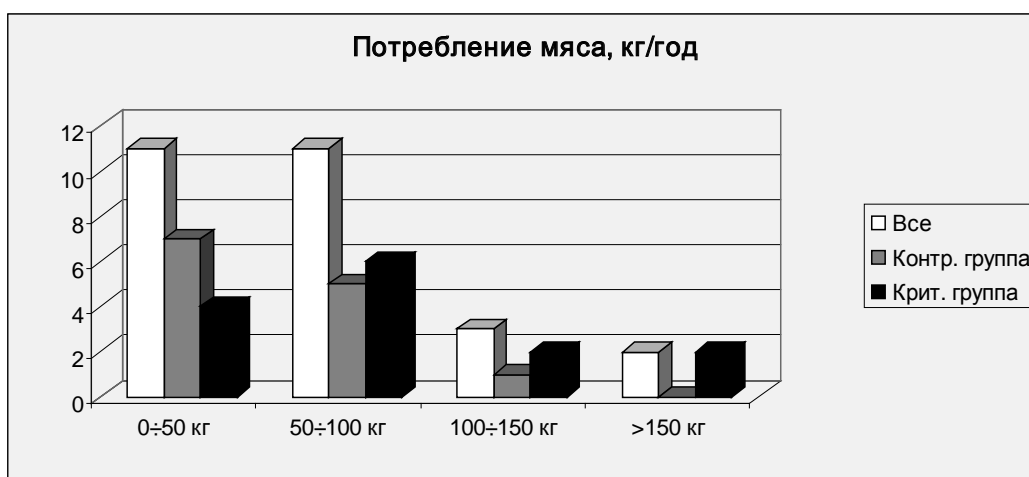


Рис. 8. Распределение жителей НП по потреблению мяса

Расчёт среднегодовой дозовой нагрузки жителей рассмотрим на примере села Большой Балчуг.

Жилая зона села (рис. 9) занимает площадь около 60 га и включает 36 частных домов. В них проживает от 130 до 150 человек в зависимости от времени года. Основной источник питания жителей – продукция личных подсобных хозяйств (овощи, мясо, молоко), дикоросы (грибы, ягоды) и рыба, вылавливаемая в Енисее.

На берегу было выявлено не менее восьми аномалий, мощность дозы и удельная активность техногенных

радионуклидов в которых существенно выше средних значений в селе (рис. 10, 11). Особенность загрязнения почво-грунтов береговой полосы села заключается в том, что местоположения участков с повышенными значениями мощности дозы и удельной активности ^{137}Cs от года к году изменяется. Это объясняется тем, что высокие уровни техногенных радионуклидов почво-грунтов связаны с присутствием в них высокоактивных «горячих» частиц, переносимых течением реки, особенно в периоды половодий.



Рис. 9. Панорама села Большой Балчуг



Рис. 10. Протока в Балчугской пойме. Здесь ходят рыбаки и грибники. Мощность дозы здесь достигает 0,3 мкЗв/ч



Рис. 11. Слой радиоактивного загрязнения, пронизывающий всю пойму Енисея

При изучении доз облучения населения жители села, как уже говорилось, были разделены на две группы: контрольную и критическую. К критической группе были отнесены люди, проводящие значительную долю времени на берегах Енисея, где наблюдался повышенный радиационный фон; и при этом, как оказалось, потребляющие не менее 50 кг/год рыбы, 25 кг/год грибов и 25 кг/год ягоды.

Выделение техногенной составляющей во внешнем облучении производилось на основании того факта, что большая мощность дозы на береговой полосе или в пойме по сравнению с мощностью дозы на территории села или на подворьях обусловлена именно излучением техногенных радионуклидов, в основном, цезия-137. Так, в Большом Балчуге средняя мощность дозы на террито-

рии села составляла 0,10 мкЗв/ч, а на береговой полосе – 0,22 мкЗв/ч. Техногенная составляющая внутреннего облучения рассчитывалась на основании рациона питания, определённого путём анкетирования, и результатов лабораторных исследований основных продуктов питания жителей.

В таблице 3 приведены максимальные и минимальные результаты определения активности техногенных радионуклидов в продуктах питания, отобранных в 6 исследованных НП. Как видно из таблицы 3, удельная активность радионуклидов лежит в диапазоне от нескольких десятых долей Бк/кг до нескольких Бк/кг.

По результатам измерений и лабораторных исследований были рассчитаны данные, представленные в таблице 4.

Таблица 3

Максимальные (вверху) и минимальные (внизу) результаты определения активности ТРН (Бк/кг)

Р/нуклид	Хлеб	Мясо	Картофель	Молоко	Рыба	Грибы	Ягода
Cs-137	1,2±0,2	1,4±0,4	3,0±0,7	1,0±0,3	2,0±0,6	1,0±0,2	3,0±0,9
	6,8±1,4	1,9±0,4	5,5±1,6	2,8±0,7	7,1±2,5	11,8±3,5	8,1±2,4
Sr-90	≤0,4	≤0,4	≤0,4	≤0,4	5,0±0,9	≤0,4	≤0,4
	≤2,6	≤3,2	≤1,3	2,5±0,4	14,0±3,5	7,9±2,1	11,4±2,4

Таблица 4

Среднегодовая доза облучения жителей села Большой Балчуг, мЗв/год

Виды и источники облучения		Критическая группа	Контрольная группа
Внешнее облучение	Полное	0,69	0,65
	В том числе за счет ТРН, связанных с деятельностью ГХК	0,053	0,011
Внутреннее облучение	Радон и его ДПР	3,07	3,07
	Природные радионуклиды в продуктах питания и питьевой воде	0,12	0,12
	Техногенные радионуклиды в продуктах питания	0,058	0,045
	⁴⁰ K в организме	0,17	0,17
ИТОГО		4,16	4,07

Полные индивидуальные среднегодовые дозы облучения жителей села Большой Балчуг равны 4,16 мЗв/год (критическая группа населения) и 4,07 мЗв/год (контрольная группа населения). При этом вклад в полную дозу облучения, обусловленный техногенным радиоактивным загрязнением, связанный с деятельностью ГХК, равен 0,11 и 0,06 мЗв/год для критической и контрольной групп соответственно.

Исследования, проведенные в 2005 и 2007 гг., дали более высокие оценки среднегодовой дозы техногенного облучения жителей села: 0,44 мЗв/год для 2005 г. и 0,27 мЗв/год для 2007 г. Уровень вмешательства, приведённый в «Нормах радиационной безопасности (НРБ-99)», составляет 0,3 мЗв/год. При превышении этого уровня необходимо проведение защитных мероприятий по ограничению облучения населения. Можно предположить, что оценка техногенного вклада в дозу жителей села с каждым годом становилась всё корректнее, и последняя оценка представляет собой наиболее достоверную величину.

Аналогичные исследования и расчёты были проведены в пяти других населённых пунктах, расположенных по обоим берегам Енисея.

Средние значения мощности дозы в различных локациях и эквивалентной равновесной объёмной активности радона в помещениях исследованных населённых пунктов приведены в таблице 5.

С использованием этих данных, а также сведений, полученных при анкетировании и лабораторных исследованиях пищевых продуктов, были рассчитаны дозы облучения групп населения в населённых пунктах. В селе Кононово расчёты не показали ощутимой разницы между критической и контрольной группами. В населённых пунктах Юксеево, Предивинск, Казачинское полная доза жителей контрольной группы оказалась даже несколько выше дозы жителей критической группы, что обусловлено повышенной долей облучения за счёт дочерних продуктов распада (ДПР) радона, т.к. жители, отнесённые к контрольной группе, находятся внутри зданий большую часть времени по сравнению с рыбаками и грибниками.

В таблице 6 приведена сводная информация по 6 исследованным населённым пунктам.

Полные среднегодовые дозы облучения населения, проживающего в исследованных населённых пунктах, меньше или практически не превышают индивидуальную среднегодовую дозу облучения жителей Красноярского края, которая, по данным «Радиационно-гигиенического паспорта Красноярского края», в 2007 г. составляла 4,14 мЗв/год, в 2008 г. – 5,23 мЗв/год, в 2009 г. – 4,77 мЗв/год (без вклада дозы медицинского облучения). Дополнительный вклад в дозу облучения населения, обусловленный деятельностью ГХК, не превышает 4,5% от полной дозы, а по абсолютной величине не достигает уровня вмешательства, равного 0,3 мЗв/год.

Таблица 5

Средние значения МД и ЭРОА на территориях исследованных НП

Населённый пункт	МД, мкЗв/ч				ЭРОА, Бк/м ³
	Улицы	Подворья	Берег	Помещения	
Большой Балчуг	0,10±0,01	0,10±0,05	0,22±0,05	0,06±0,01	50,0±15
Кононово	0,10±0,01	0,10±0,05	0,10±0,01	0,10±0,01	28,0±15
Юксеево	0,088±0,002	0,09±0,02	0,105±0,002	0,09±0,03	18,2±5
Предивинск	0,106±0,002	0,101±0,002	0,103±0,002	0,09±0,03	15,8±4
Казачинское	0,09±0,01	0,09±0,01	0,12±0,01	0,09±0,01	19,9±5
Момотово	0,090±0,003	0,09±0,02	0,114±0,002	0,09±0,05	26,2±8

Таблица 6

Дозы облучения жителей 4 населённых пунктов, расположенных в ЗН ГХК

Населенный пункт	Группа	Индивидуальная среднегодовая доза, мЗв/год	
		Полная	В том числе за счёт ТРЗ ГХК
Большой Балчуг	Критическая	4,16	0,11
	Контрольная	4,07	0,06
Кононово	Критическая	2,98	0,04
	Контрольная	2,98	0,04
Юксеево	Критическая	2,31	0,10
	Контрольная	2,41	0,05
Предивинск	Критическая	2,18	0,06
	Контрольная	2,26	0,03
Момотово	Критическая	2,46	0,07
	Контрольная	2,45	0,04
Казачинское	Критическая	2,38	0,07
	Контрольная	2,53	0,03

Необходимо отметить, что осуществлённое выделение техногенной составляющей дозы населения, обусловленной деятельностью ГХК, носит достаточно искусственный характер. Во-первых, дозовая нагрузка контрольной группы во всех населённых пунктах оказалась либо практически равной, либо даже несколько выше, чем в критической группе, так что само понятие «критичность» не говорит о большем риске возможных последствий облучения. Во-вторых, абсолютная величина рассчитанной техногенной компоненты составляет 1–4% от полной дозы, что говорит о возможной статистической незначимости выделенной компоненты. И, наконец, дополнительная мощность дозы, обусловленная ТРН, на береговой полосе исследованных сёл не превышает 23% от измеряемой величины, что в 1,5 раза меньше декларируемой ошибки воспроизводимости используемого дозиметра.

Заключение

Современные дозы облучения населения, проживающего в НП Большой Балчуг, Кононово, Юксеево, Предивинск, Момотово, Казачинское, расположенных на удалении до 200 км от санитарно-защитной зоны Горнохимического комбината, не вызывают никаких опасений с точки зрения радиационной гигиены. Величина техногенной составляющей ниже уровня вмешательства и будет продолжать уменьшаться за счёт экранирующего действия могучей реки.

Однако наблюдение за радиационной обстановкой в данных населённых пунктах необходимо, так как во время половодий возможен перенос техногенных радионуклидов и изменение глубины их залегания и, как следствие этого, существенное изменение гамма-фона на некоторых участках. Тот радиоактивный слой, который много

десятков лет откладывался в пойме реки Енисей, не растворился и не ушёл в Карское море. Он остаётся на месте могучим радиоактивным запасом и будет ещё долгие годы оставаться предметом исследования радиоэкологов.

Литература

1. Оценка современных доз техногенного облучения жителей населённых пунктов, расположенных на берегах Енисея в зоне наблюдения ГХК : отчёт о НИР. – Красноярск: ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Красноярском крае», 2008. – 76 с.
2. Оценка современных доз техногенного облучения жителей населённых пунктов, расположенных на берегах Енисея в зоне наблюдения ГХК на участке реки от 60 до 140 км от места сброса ГХК : отчёт о НИР. – Красноярск: ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Красноярском крае», 2009. – 138 с.
3. Оценка современных доз техногенного облучения жителей населённых пунктов, расположенных на берегах Енисея в зоне наблюдения ГХК на участке реки от 140 до 200 км от места сброса ГХК : отчёт о НИР. – Красноярск: ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Красноярском крае», 2010. – 103 с.
4. Проведение пешеходной гамма-съёмки берегов Енисея на участке реки от с. Атаманово до устья реки Ангары для уточнения современной радиационной обстановки в зоне наблюдения ГХК : отчёт о НИР. – Красноярск: ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Красноярском крае», 2004. – 114 с.
5. Методические указания «Оценка индивидуальных эффективных доз облучения населения за счёт природных источников ионизирующего излучения» (МУ 2.6.1.1088-02): утв. 04.01.2002. – М.: Минздрав России, 2002. – 23 с.
6. Радиационный мониторинг доз облучения населения территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС : методические рекомендации по обеспечению радиационной безопасности. – М., 2007. – 70 с.

A.I. Grigorev¹, L.V. Pankratov², S.E. Skudarnov¹, Yu.S. Churikova¹

Estimation of the modern doses of an artificial exposure for the inhabitants of the settlements located on the coast of Yenisei in a zone of supervision of FSUE «Mining and Chemical Establishment»

¹ Federal Health Organization «Center of Hygiene and Epidemiology in Krasnoyarsk region», Krasnoyarsk

² Administration of Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-being in Krasnoyarsk region, Krasnoyarsk

Abstract. The research objective consists in an estimation of modern exposure doses for the inhabitants of six settlements located on the coasts of the river Yenisei, including the doses caused by artificial radioactive contamination, connected with activity of FSUE «Mining and Chemical Establishment». Results of the work testify that the exposure doses for population caused by an artificial component, do not exceed the established hygienic limits, and the exposure doses for the population of the specified settlements as a whole do not exceed total exposure doses for the inhabitants of Krasnoyarsk region.

Keywords: exposure dose, natural radionuclides, a supervision zone, Krasnoyarsk region, dose rate, volumetric activity of radon, foodstuff, soil, radioactive contamination, artificial radionuclides.

Поступила: 20.02.2012 г.

А.И. Григорьев
Тел.: (391) 249-14-44
E-mail: office@24.rosпотреbnadzor.ru