

**Челябинская областная общественная просветительская экологическая  
организация «Движение за ядерную безопасность»**

**Международный проект  
«Объединение женских усилий за здоровье и окружающую среду»  
совместно с общественной организацией  
«Женщины Европы за Общее Будущее»**

Г.П. Плохих

**Радиация и окружающая среда**

**Населению –  
просто о сложном**

**Челябинск 1998**

Автор Г.П. Плохих

Редактор и директор проекта Н.И. Миронова

Книга содержит краткие сведения о известных и малоизвестных радиационных инцидентах на Южном Урале; о пострадавших от радиационного воздействия; об изменении отношения к радиации и результате изменения этих отношений; о загрязнении долгоживущими радиоактивными веществами и самом источнике загрязнения. А также сведения о структуре атома и ядра, ионизации и изотопах, радиоактивности, типах излучения, единицах измерения радиоактивности, что такое ионизирующая радиация, о естественном радиационном фоне, в том числе Челябинской области, о дозах ионизирующего излучения и единицах его измерения, о дозах внешнего и внутреннего облучения жителей некоторых населенных пунктов Челябинской области.

Сведения об авторе

Плохих Галина Петровна, инженер геофизик, преподаватель факультатива на кафедре естественных дисциплин в школе № 12. Автор ряда научных статей по специальности. И автор ряда публицистических статей по устойчивому развитию. Эксперт «Движения за ядерную безопасность»

Проект выполнен при финансовой поддержке правительственной программой МАТРА, Нидерланды

## Содержание

Вместо предисловия .....	I-4
Нужны ли населению Челябинской области знания о радиации.....	II-6
Немного истории (или радиационные инциденты на Южном Урале).....	II-6
О чем пишут официально... и часто.....	II-6
О чем пишут нечасто.....	II-8
Судьбы людские .....	II-8
Прошло время .....	II-10
Изменилось ли отношение к радиации?.....	II-11
Что в результате? .....	II-12
А как на практике?.....	II-13
Было ли прозрение легким?.....	II-14
Можно ли считать прозрение окончательным?.....	II-15
Что же осталось в наследство населению? .....	II-15
Плутоний .....	II-21
Тритий или радиоактивный водород .....	II-26
Криптон-85 .....	II-28
Об источнике загрязнения .....	II-28
Литература.....	II-33
О радиации .....	III-36
Структура атома и ядра.....	III-36
Ионизация и изотопы .....	III-37
Радиоактивность .....	III-38
Типы излучений .....	III-39
Методы и средства измерения радиоактивности .....	III-39
Единицы измерения радиоактивности .....	III-40
Период полураспада .....	III-40
Активность .....	III-41
Ионизирующая радиация.....	III-41
Естественный радиационный фон .....	III-42
Естественный радиационный фон Челябинской области.....	III-43
Дозы ионизирующего излучения и единицы их измерения.....	III-44
Внешнее, внутреннее и общее облучение.....	III-46
Что известно о дозах радиационного облучения?.....	III-46
Что известно о дозах в настоящее время.....	III-48
Какие могут быть сделаны выводы?.....	III-51
Литература.....	III-52

## I. Вместо предисловия

На карте экологического состояния территориальных комплексов Челябинской области (1994 год) почти на всей северной части территории области стоит знак радиационного загрязнения. В области расположены три предприятия по производству ядерного оружия – детища «холодной войны». Самый высокий уровень радиационного загрязнения связан с деятельностью комбината по производству расщепляющихся материалов – производственного объединения (ПО) «Маяк».

Кончилась «холодная война», но на месте «Маяка» не будет зеленой лужайки. «Маяк» будет всегда», – так утверждает генеральный директор В. Фетисов. Ядерными державами стали Индия и Пакистан, что положило начало гонке ядерных вооружений в Южной Азии. Мир продолжает мыслить категориями «баланса сил».

Такая геополитическая расстановка не позволяет быть уверенным в завтрашнем дне. Прибавьте к этому современную социально-экономическую обстановку в России и необходимость работ по утилизации ядерного вооружения. Все это означает, что население северной части Челябинской области вынуждено продолжать жить с таким опасным соседом, постоянно подвергаясь повышенному радиационному риску.

Более 40 лет все, что было связано с радиацией, держалось в секрете. Результат – полнейшая безграмотность в этом плане большинства людей. Начиная с 1990 года, на разных уровнях и в разных аудиториях шли оживленные обсуждения проблем радиационного загрязнения, его влияния на человека, возможностей реабилитации территорий и людей, подвергшихся воздействию загрязнения. Создавались и начинали действовать программы по реабилитации загрязненных территорий. Все это освещалось в специальных журналах, брошюрах, выпусках, отчетах, материалах, газетах. Появилась прослойка экологически грамотных и заинтересованных людей. Это ведущие специалисты районов, врачи, учителя-экологи, общественные группы. Однако, большая часть населения по-прежнему экологически малограмотна. В этих условиях нельзя говорить, во-первых, о профилактике заболеваний населения, во-вторых, население не может защищать свое жизненное право на благоприятную окружающую среду.

Здоровый образ жизни в условиях радиационного воздействия не является достаточным направлением профилактики заболеваний населения. Сельские врачи приводят много примеров, когда люди вели здоровый образ жизни и имели хорошие генетические данные, но один любил употреблять парное молоко от коровы, которая паслась на радиоактивном лугу. Другой был хорошим огородником, но удобрял огород радиоактивным навозом и т.д. Они погибли преждевременно от онкологических заболеваний желудочно-кишечного тракта. И если сегодня индийская нация рассматривает создание атомной бомбы как подарок своих ученых, то население радиационно-загрязненных территорий Челябинской области начинает понимать степень опасности такого «подарка» для себя и своих потомков.

Цель нашей работы – помочь жителям северных районов области получить, по возможности, концентрированную информацию по радиационной ситуации в области, радиации вообще и влиянию малых доз радиации на человека.

Возможно, эта информация поможет в существующей ситуации принять какие-то меры, чтобы снизить радиационный риск для себя, своих детей, защитить свое право на жизнь и благоприятную окружающую среду.

## II. Нужны ли населению Челябинской области знания о радиации

### Немного истории (или радиационные инциденты на Южном Урале)

#### О чем пишут официально... и часто

Производственное объединение «Маяк» начало действовать в 1949 году. «С начала работы до 1956 года сбросы средне- и высокоактивных жидких радиоактивных отходов производились в открытую речную систему Теча-Исеть-Тобол в 6 км от истока реки Теча. Всего за эти годы было сброшено 76 млн. куб. м сточных вод общей активностью по бета-излучателям свыше 2,75 млн. Кюри.

Жители прибрежных сел подверглись как внешнему облучению (от водного зеркала и территории поймы реки, загрязненных цезием-137, рутением-106, стронцием-90, цирконием-95 и другими радионуклидами), так и внутреннему (поступление в организм радионуклидов с водой и продуктами питания). Всего радиационному воздействию подверглись 124 тыс. человек» (Ядерная энциклопедия, 1996). Это была первая аварийная ситуация (1949-1956 годы).

«Авария 1957 года известна как Кыштымская. Она является одной из наиболее тяжелых в мировой практике. 29 сентября в результате отказа системы охлаждения взорвалась одна из емкостей хранилищ высокоактивных отходов. Взрыв полностью разрушил емкость, содержащую 78-80 тонн отходов, сорвал и отбросил в сторону на 25 м бетонную плиту перекрытия каньона, в котором находилась емкость. Из хранилища была выброшена смесь радионуклидов общей активностью 20 млн. Кюри. Большая часть радионуклидов осела вокруг хранилища, а жидкая взвесь с активностью в 2 млн. Кюри была поднята на высоту 1-2 км и образовала радиоактивное облако, состоящее из жидких и твердых аэрозолей. Общую активность выброса формировали церий-104 (66%), цирконий-95 + ниобий-95 (24,9%), стронций-90 + итрий-90 (5,4%) и рутений-106. В небольшом количестве в выбросе присутствовал цезий-137 (0,036%). Радиоактивные вещества находились в хорошо растворимых соединениях – нитратах. Радиоактивное облако под действием ветра распространялось в северо-восточном направлении. При этом вследствие осаждения радионуклидов произошло выпадение радиоактивных осадков и загрязнение местности. Образовавшийся след получил название Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРС). Наибольшему загрязнению подверглись Каслинский, Кунашакский и Аргаяшский районы Челябинской области».

«Весной 1967 года в результате пылевого переноса радионуклидов с обсохшей береговой полосы озера Карачай (открытого хранилища жидких радиоактивных отходов) радиоактивные вещества активностью около 600 Кюри вместе с частицами иловых отложений рассеялись на расстояние 50-75 км, усилив загрязнение территории от аварии 1957 года. Выпавшие смеси

содержали в основном цезий-137 и стронций-90» (Ядерная энциклопедия, 1996).

С 1951 года в озеро Карачай комбинатом осуществлялся сброс среднеактивных жидких отходов. К 1998 году суммарная активность накопленных в Карачае жидких отходов составила около 130 млн. Кюри. Радионуклиды в озере распространены в подвижных донных отложениях – 60%, суглинистом экроне ложа водоема – 35% и воде – 5%.

Водоем Карачай оказывает многообразное негативное воздействие на окружающую среду. Он тесно связан с подземными водами, и загрязнение их радиоактивными и другими химическими веществами представляет одно из чрезвычайных воздействий водоема.

Подземные воды приурочены к трещиноватым породам скального фундамента, зоне коры выветривания и аллювиальным отложениям рек Теча и Мишеляк. Мощность водоносного комплекса изменяется от 50-80 до 130-190 метров. Загрязненные водоемом подземные воды представляют сложную по составу систему. По степени минерализации загрязненные воды меняются от рассолов (до 82,8 г/л) в центральной части ореола до практически пресных вод во фронтальной его части, плотность максимально загрязненных вод достигает 1,059 г/см<sup>3</sup>.

Протяженность ореолов по отдельным загрязнителям различна, что определяется их концентрациями в водоеме и еще целым рядом факторов. Фронтальная часть линзы достигла реки Мишеляк и приближается к водозаборным скважинам пос. Новогорный. В северном и северо-восточном направлении ореол загрязнения распространяется в сторону Теченского каскада водоемов, его максимальная протяженность в этом направлении составляет около 4 км (Справка «О влиянии деятельности ПО «Маяк» на состояние подземных вод Уральского региона», 1996).

Кроме этих трех аварийных ситуаций определенный вклад в загрязнение территории области вносила также текущая деятельность предприятия (выбросы и сбросы). Кроме водоема Карачай сброс низкоактивных жидких радиоактивных отходов осуществляется в каскад водоемов на реке Теча («Каскад промышленных водоемов на реке Теча», Экологический Центр ПО «Маяк», выпуск 7, 1994). В водоемах Теченского каскада на 1996 год накоплено около 80 тыс. Кюри стронция-90 и 230 тыс. Кюри цезия-137. Всего около 310 тыс. Кюри долгоживущих радиоактивных элементов. По результатам многолетних наблюдений в районе водоемов Теченского каскада оконтурены участки загрязнения подземных вод. К ним относятся зоны, примыкающие к плотинам водоемов 10 и 11 и к югу от водоема 11 (участки «водораздел» и куст скважины 85) (Справка «О влиянии деятельности ПО «Маяк» на состояние подземных вод Уральского региона», 1996).

Систематический контроль за выбросами из труб «Маяка» был организован в 1961-63 гг. Утверждается, что более 90% выбросов в атмосферу произведено до 1970 года. Основная доля активности радионуклидов, выбрасываемых комбинатом, приходится на инертные радиоактивные газы (в основном криптон-85). Наибольшую опасность представляют аэрозоли, выпадающие и накапливающиеся на поверхности почвы («Материалы Комиссии по изучению экологической ситуации в Челябинской области», 1993).

## **О чем пишут нечасто**

О трех радиационных инцидентах на ПО «Маяк» было написано много. Но аварии на комбинате, как на любом промышленном предприятии, происходили неоднократно. Вот список наиболее значительных из них, взятый из газеты Кунашакского района «Знамя труда» от 11 сентября 1997 года.

15.03.1953 – Неуправляемая цепная реакция. Облучение двух операторов.

13.10.1954 – Разрыв технологического аппарата, разрушение элементов здания.

21.04.1957 – Неуправляемая цепная реакция. Шесть пострадавших. Один летальный исход.

29.09.1957 – Взрыв емкости хранения радиоактивных отходов, повреждение ряда производственных зданий. Образование ядерного следа шириной 8-9 километров, длиной 105 км с суммарным содержанием 2 млн. Кюри продуктов деления урана.

02.10.1958 – Неуправляемая цепная реакция. Три летальных исхода. Один человек перенес лучевую болезнь с потерей зрения.

28.07.1959 – Разрыв технологического аппарата.

05.12.1960 – Неуправляемая цепная реакция. Без облучения.

26.02.1962 – Взрыв сорбционной колонны с разрушением трубопроводов.

07.09.1962 – Самопроизвольная цепная реакция. Три вспышки. Без облучения персонала.

16.12.1965 – Самопроизвольная цепная реакция продолжительностью 14 часов.

10.12.1968 – Неуправляемая цепная реакция с летальным исходом. Один человек получил тяжелую форму лучевой болезни с ампутацией ног.

02.10.1984 – Взрыв на вакуумных коммуникациях реакторов.

16.11.1990 – Взрывная реакция в реакгентном аппарате. Химические ожоги двух человек, один из которых скончался.

17.07.1993 – Термохимическое взаимодействие и взрыв системы, насыщенной плутонием-238.

## **Судьбы людские**

Официально считают, что от радиационных инцидентов на Южном Урале пострадали 437,5 тысяч человек населения.

Что означает в данном случае «пострадали»? Если очень просто – это значит, что внешняя среда, в которой жил человек, стала опасной для него и нанесла вред его жизни – физический, психический, материальный. Физический вред – болезни и преждевременные смерти – основной смысл, вкладываемый в понятие пострадавший.

В 1997 году, 40 лет спустя после ядерной катастрофы 1957 г. на Южном Урале, прозвучали слова другого плана – слова о трагедиях человеческих душ и судеб, имевших связь с этими катастрофами. На примере села и рудника Юго-Конево и прилегающих деревень Геннадий Базуев в книге «Заложники» описал события того времени.



«Особое коварство радиоактивной грязи в ее неприметности. О ее опасности население не ведало. Поэтому для большинства первые дни, недели, месяцы после аварии жизнь продолжалась обычно, и мало кто догадывался, какие грядут перемены..., искалечившие десятки тысяч человеческих душ».

«Первые переселенцы – первые жертвы ядерной катастрофы – жители деревень Салтыково, Бердяниш, Галикаево, они же первые жертвы организационной переселенческой неразберихи, переселенные в места временного проживания, не менее безопасные для проживания».

«Первые результаты радиометрического обследования территории показали интенсивность и неравномерность загрязнения. Наивысшая концентрация в низинках, ямках, ложбинках, наименьшая – на пригорках. И... начались разговоры, решения и постановления о переселении села Юго-Конево с населением 4700 человек».

«Печально будущее рудника, других предприятий, колхозов и организаций. Как сложатся судьбы людей? Куда переселят? В Муслюмовский совхоз? Временные палатки? Что значит «временно»? В палатки из своих добротных домов? С детьми?» Такие думы не давали людям покоя.

«Тревожная обстановка на местах в селениях, отсутствие настоящего жилья, палаточные городки бросали народ на самоспасение. Большинство семей уезжало по своему усмотрению, но не туда, куда было назначено властью. Они не требовали каких-либо ходатайств о трудоустройстве и рассчитывали на самоопределение. Они нуждались только в транспорте для переезда на новое место».

Но прежде чем уехать – какие хлопоты ожидали людей! Оценочные комиссии, споры, жалость к черемухе под окном, отказ стариков покидать родные дома, слезы, неожиданные уходы из жизни. «Но первые переселенцы пережили столько бедствий, сколько не выпало на долю всех остальных переселенцев из зоны загрязнения».

Страшное время было и для тех, кто по ряду обстоятельств, выезжали из села последними. Мародерство, растаскивание всего вплоть до добротных домов, пожары, которые никто не тушил, стаи оставленных собак. Мародеры выгребали из подвалов и погребов картофель, овощи и везли на продажу (Базуев, 1997).

Кто пострадал на самом ядерном предприятии, которому пришлось иметь дело с 90% выброса?

«Радиоактивное облако покрыло многие объекты химкомбината «Маяк», реакторные заводы, новый строящийся радиохимический завод, пожарную и воинскую части, полк военных строителей и лагерь заключенных. Всего в двух полках и лагере заключенных находилось около 3-х тысяч человек. Люди вели себя по-разному. Военнослужащие действовали сообразно обстановке, молча, быстро и без всякой паники. Совершенно противоположное было в военно-строительном полку. Услышав взрыв, все солдаты выбежали на улицу, бросали головные уборы вверх, что-то неистово кричали. Такое их поведение было необъяснимо».

«Выпадение радиоактивных веществ в первые часы было очень интенсивным. На голову падали довольно крупные частицы; мелкие в виде хлопьев продолжали выпадать и на следующие сутки».

«Сам город - Челябинск-40 – не попал под радиоактивное облако, но радиационный фон в городе значительно увеличился. «Грязь» с промплощадки разносилась колесами машин, одеждой ликвидаторов последствий аварии. Однако на все это не сразу обратили внимание. Практически в течение двух месяцев после аварии в городе не проводился дозиметрический контроль. Об аварии запрещалось что-либо сообщать, все держалось в строжайшей тайне».

Позднее на загрязненность радиоактивными элементами проверяли практически все квартиры. Это оказывало «определенное психологическое воздействие на жителей города, многие из которых имели смутное представление о радиоактивности» (Новоселов, Толстиков. «Тайна сороковки», 1995).

Так можно представить, что и в «сороковке» пострадавших было немало.

## Прошло время

Прошло время. Но оказывается, количество пострадавших не уменьшается.

Пашнина Г.К. приехала на станцию Муслюмово в 1964 году. Муслюмово расположено на реке Теча в 30 км от «Маяка» и является первым по реке невыселенным до настоящего времени селом. 30 лет преподавала в школе русский язык и литературу. Вела здоровый образ жизни. Здесь, в Муслюмово, у нее родилась дочь. Сейчас дочь взрослая, живет в Челябинске. У нее низкий гемоглобин, часто болеет. У дочери 2 сына. Первый родился 7-месячным с низким гемоглобином. Потом был выкидыш. Второй сын - с детским церебральным параличом. (Пашнина Г.К., 1997).

Являются ли пострадавшими Г.К., ее дочь, внуки?

Являются ли пострадавшими Денис Нажмутдинов, родившийся в 1992 году, и его родители? Малыш родился без стопы и пальчиков на руках, Врожденная патология ребенка – результат радиоактивного загрязнения, которое вызвало генетические изменения в организмах его родителей, родившихся и проживавших в Муслюмово (Т. Калинина «Радиация вызвала генетические изменения», газета «Челябинский рабочий» 22.04.1997).

Являются ли пострадавшими дети и внуки Мардановых А.Д. и Г.З., переселенных в Муслюмово из деревни Надыров Мост? У них отмечаются серьезные генетические отклонения. («Знакомство с невидимым», кружок «Геофиз», школа 12).

Является ли пострадавшей библиотекарь челябинской областной публичной библиотеки Ключкина Л.Н.? Вместе с другими в студенческие 60-е годы ее посылали на уборку овощей в совхоз, земли которого располагались на загрязненной территории. Тогда же началась болезнь щитовидной железы, которая заставляет страдать всю жизнь. (Из личной беседы).

Являются ли пострадавшими Сарвар Шагиахметова и ее семь детей, выросшие без поддержки отца, который умер от лейкемии? Двое детей умерли в течение последнего времени. Болеют и другие дети. Их заболевания Сарвар связывает с радиоактивным загрязнением (А. Ерощкин

«А бедным муслюмовцам блеснула надежда», газета «Вечерний Челябинск» 29.02.1996).

Являются ли пострадавшими Хаятов А.Р. 1976 года рождения с врожденной патологией почки и, как следствие, хроническим пиелонефритом, и его сестра 1980 года рождения с врожденным неправильным расположением сердца и аритмией? Их родители, бабушки и дедушки – коренные жители Муслюмово. (Из личной беседы).

Является ли пострадавшей Хуснутдинова А., родившаяся в 1980 году в Муслюмово и прожившая там первые 16 лет? У девушки уже установлен целый букет заболеваний, связанных с проживанием на берегу Течи. («Знакомство с невидимым», кружок «Геофиз», школа 12).

Являются ли они пострадавшими?..

Этот вопрос можно задавать бесконечно, так как территория радиоактивного загрязнения до настоящего времени остается источником облучения населения, и многочисленные нити связывают прошлое и настоящее.

И тогда, кто может сказать о числе пострадавших?!

## **Изменилось ли отношение к радиации?**

Да, изменилось.

Разными путями, разным пониманием, в разное время пришли ученые, политики, экономисты и многие люди к убеждению, что современное использование ядерной энергии в военных и мирных целях несет огромный риск и опасность для живого. В атомной войне не будет победителей, а накопленным ядерным вооружением можно не один раз уничтожить все живое.

Появилась целая система договоров об ограничении ядерных вооружений. Первыми из них явились многосторонние глобальные договоры: о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, космическом пространстве и под водой (1963); о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства (1967); о нераспространении ядерного оружия (1968); многосторонние договоры регионального действия. Такие как Договор об Антарктике (1959); о запрещении ядерного оружия в Латинской Америке (1967).

Были заключены двусторонние соглашения в основном между СССР, Россией и США. Наиболее важные из них: соглашение о мерах по уменьшению опасности возникновения ядерной войны (1971), договор об ограничении систем противоракетной обороны (1972), соглашение о предотвращении ядерной войны (1973), договор об ограничении подземных испытаний ядерного оружия (1974) и другие.

В последнее десятилетие появились международные соглашения, связанные с вопросами ограничения и контроля над ядерными вооружениями.

1 июня 1988 года вступил в силу первый в истории договор о разоружении ядерных вооружений - о ликвидации ракет средней и меньшей дальности (РСМД).

31 июля 1991 года был подписан договор СНВ-1 об уменьшении стратегических наступательных вооружений. Реализация договора началась с ноября 1994 года и должна быть завершена к 2002 году.

В январе 1994 года подписан договор СНВ о дальнейшем сокращении стратегических наступательных вооружений (Ядерная энциклопедия, 1996).

В июне 1996 года Международный Суд в Гааге вынес решение по иску правительства Новой Зеландии и общественной организации «Врачи мира против ядерного оружия» о том, что ядерное оружие, в случае его применения, нарушит международное законодательство. Это реальный шаг к полному и всеобъемлющему запрету ядерного оружия.

## Что в результате?

А что же в итоге здесь – на севере Челябинской области?

Остановлены реакторы, производившие оружейный плутоний. Появились открытые данные о распространении и характере загрязнения, о влиянии радиации на живую и костную материю.

Создается единая государственная система экологического мониторинга (ЕГСЭМ). Челябинская область определена экспериментальной базовой территорией по созданию региональных систем ЕГСЭМ России. Начали действовать Центр радиационного мониторинга при Челябинском Гидромете и автоматизированная система контроля радиационной обстановки (АСКРО) ПО «Маяк». Принят ряд законов и правовых актов по обеспечению ядерной и радиационной безопасности. Это закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» и закон «Об окружающей среде».

С 1991 года разрабатывается закон «О политике в области обращения с радиоактивными отходами».

В 1993 году – закон «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие аварии в 1957 году на производственном объединении «Маяк» и сбросов радиоактивных отходов в реку Теча».

В 1995 году приняты закон «Об использовании ядерной энергии» и законы «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне и вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС». В 1996 году – закон «О радиационной безопасности населения».

Представлен проект федерального закона «О страховании от возможного ущерба здоровью и имуществу граждан в результате ядерных аварий и катастроф».

На обеспечение радиационной безопасности направлены и ряд норм природного законодательства, регулирующих охрану земель, недр, вод, атмосферного воздуха, растительного и животного мира («Об охране атмосферного воздуха», «Земельный кодекс», «О недрах», «Водный кодекс», «Основы лесного законодательства»).

Приняты постановления: «О Государственной программе Российской Федерации по радиационной реабилитации Уральского региона и мерах по оказанию помощи пострадавшему населению на период до 1995 года» (1993) и федеральной целевой программе «Социальная и радиационная

реабилитация населения и территорий Уральского региона, пострадавших вследствие деятельности производственного объединения «Маяк» на период до 2000 года» (1996).

Некоторые граждане, пострадавшие от радиационного воздействия, смогли с помощью существующего правового законодательства доказать свои экологические права.

## **А как на практике?**

Четыре года (1993-97) длилось судебное разбирательство по иску к ПО «Маяк» родителей Нажмутдинова Дениса, о котором упоминалось выше: о возмещении морального ущерба в связи с рождением сына-инвалида как результата радиационного воздействия на два поколения семьи. Несмотря на интенсивное противостояние ответчиков, иск Нажмутдиновых был удовлетворен судом. И хотя выполнение решения суда «Маяком» затянулось, и семье Нажмутдиновых не стало легче, все же это был положительный результат. Семье помогла юрист-эколог А.Г. Ильина. Ей удалось получить грант в международном Фонде ИСАР, благодаря которому удалось провести независимую генетическую экспертизу всей семьи.

Не менее сложным было судебное дело, возбужденное Абдрахимом Галимовым к областному управлению социальной защиты (1996). Семья Галимовых к моменту аварийной ситуации проживала на самом берегу Течи в Муслюмово. После аварии их улицу переселили на противоположную окраину села, но права на льготы по статусу эвакуированных из зоны радиоактивного заражения они не имели, Суд Курчатовского района Челябинска, а следом Коллегия областного суда, признали за ним право на льготы,

В это же время Конституционный суд РФ рассмотрел заявление жителя Бродокалмака Валерия Корнилова, По мнению истца, закон РФ 1993 года «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие аварии в 1957 году на ПО «Маяк» и сбросов радиоактивных отходов в реку Теча» предоставляет льготы не всем пострадавшим. Конституционный суд поддержал требования В. Корнилова. Вслед за этими делами права на льготы были признаны Комиссией областной администрации в отношении всех семей, переселенных с берега Течи сел Муслюмово, Бродокалмак, Нижне-Петропавловское.

Абдрахим Галимов, отстаивая свои права на льготы, детально изучил многие правовые акты и сумел ими воспользоваться. Свой опыт он изложил в брошюре «Радиация на Урале. О правовом положении граждан, пострадавших от радиации». 75 экземпляров брошюры он распространил в Челябинске, Сосновском и Кунашакском районах. Брошюра состоит из 2-х частей. Первая включает сведения о дозах облучения населения – как основание прав на возмещение ущерба, примеры нарушения прав, процедуры защиты, примеры успешной защиты прав граждан, пострадавших от радиации. Часть вторая содержит первичную справочную информацию по законодательству, защищающему граждан, подвергшихся воздействию радиации.

Конечно, все это – прецеденты в судебной практике. Много сил потратили Нажмутдиновы, В. Корнилов и А. Галимов. Но они показали, как можно отстаивать свои права и влиять на социальную политику.

В «Движение за ядерную безопасность» часто обращаются с просьбой дать дозиметр или провести дозиметрический контроль какого-то индивидуального участка. Существует постановление правительства РФ от 13.04.93г. «О порядке обеспечения населения приборами радиационного контроля» (Собрание актов Президента и Правительства РФ, 1993, № 17, с.1449).

В 1994 году Челябинским филиалом института профессионального образования и Челябинским Центром обязательной экологической подготовки кадров была выпущена небольшая книга «Бытовые приборы радиационного контроля». Авторы книги А.В. Зайнишев, Э.И. Корецкая, общая редакция Ю.С. Смирнова. Кроме основных сведений о радиоактивности в книге приводятся технические характеристики самых распространенных моделей бытовых дозиметров, приемы работы с ними. Особое внимание в книге уделено действиям населения при различных радиационных инцидентах. Книга рассчитана на читателей со средним образованием.

## **Было ли прозрение легким?**

Нет и нет!

Не будем забывать, что это была целая эпоха, и решение атомной проблемы стало единственным делом жизни не только И.В. Курчатова. На создание атомной промышленности в тяжелые послевоенные годы разрухи были мобилизованы огромные материальные, финансовые и человеческие ресурсы. Здесь были сосредоточены усилия лучших ученых, инженеров, техников, рабочих. Сотни тысяч людей участвовали в создании атомной бомбы. Но с ее созданием началась гонка атомных вооружений, требовавшая еще более колоссальных усилий и затрат. Так возникло государство в государстве со своими правилами и порядками и самой крупной статьей бюджета, разорвавшей страну.

Не будем забывать, что «изготовление атомной бомбы стоило многих человеческих жизней, за нее заплачена слишком большая цена». (Новоселов В., Толстикова В. «Тайна сороковки», 1995).

Люди работали в условиях жесткой дисциплины, но большинством руководило чувство высокой ответственности. Не отработанные технологии часто приводили к переобучению со всеми вытекающими последствиями.

Не будем забывать также, что особые условия жизни людей, занятых в атомной промышленности, формировали у них особые качества. Так, «изоляция и ощущение жизни в замкнутом пространстве стимулировало корпоративные черты, претензии на исключительность, самодостаточность». Высокая материальная обеспеченность, по сравнению с остальным населением страны, также оказывала влияние на психологию. И сейчас многие считают радиацию «обыкновенной», своей, а радиационный риск от ядерных технологий - не более опасным, чем от других естественных и техногенных источников.

## Можно ли считать прозрение окончательным?

Видимо нет.

- Радиация опасна?

- «Она же и полезна! Жизнь страдает без радиации». А если радиации более чем естественный фон, то парамеции (простейшие одноклеточные рода инфузорий) быстрее размножаются, а мыши, крысы и морские свинки удлиняют свой век.

- Пострадавшие от радиоактивного загрязнения?

- Их не больше, чем от алкоголя, курения, массового психоза. Сам «Маяк» пострадал больше.

- Чернобыль?

- Там вообще надо было вести себя спокойно.

- А отдаленные последствия?

- В Озерске существенных изменений в физическом развитии и заболеваемости детей родителей, подвергшихся облучению до зачатия, по сравнению с детьми, родители которых не облучались, не выявлено. Однако установлена связь изменений с неблагоприятными факторами нерадиационной природы (Петрушкина Н.П. "Состояние здоровья детей города Озерска", 1995).

Таковы вот пока диалоги ... на обыденном уровне.

А на уровне Правительства?

С решением проблем федерального и международного значений происходит увеличение радиационной нагрузки и повышение опасности для Челябинской области. Федеральные же программы по социальной и радиационной реабилитации Уральского региона и целевая комплексная программа ПО «Маяк» по обращению с радиоактивными отходами и восстановлению окружающей среды не выполняются из-за недостаточного финансирования (подробнее в разделе «Об источнике загрязнения»).

Что же на международном уровне?

Растет количество государств, владеющих ядерным оружием.

## Что же осталось в наследство населению?

Наследство оказалось неутешительным.

На настоящий момент установлены площадь и плотность загрязнения северной части области сравнительно долгоживущими изотопами – стронцием-90 и цезием-137. Челябинским областным Центром гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды составлены карты загрязнения этими изотопами (рис. 1 и 2). По ним можно узнать уровень загрязнения стронцием-90 и цезием-137 в месте своего проживания.

К сведению!

Считается, что стронций-90 и цезий-137 являются основными дозообразующими радионуклидами. Бета-излучение, испускаемое ими, имеет большую энергию распада. Попадают внутрь с воздухом и пищей. Стронций-90 подобно кальцию накапливается в костях. Период выведения его около 30 лет.

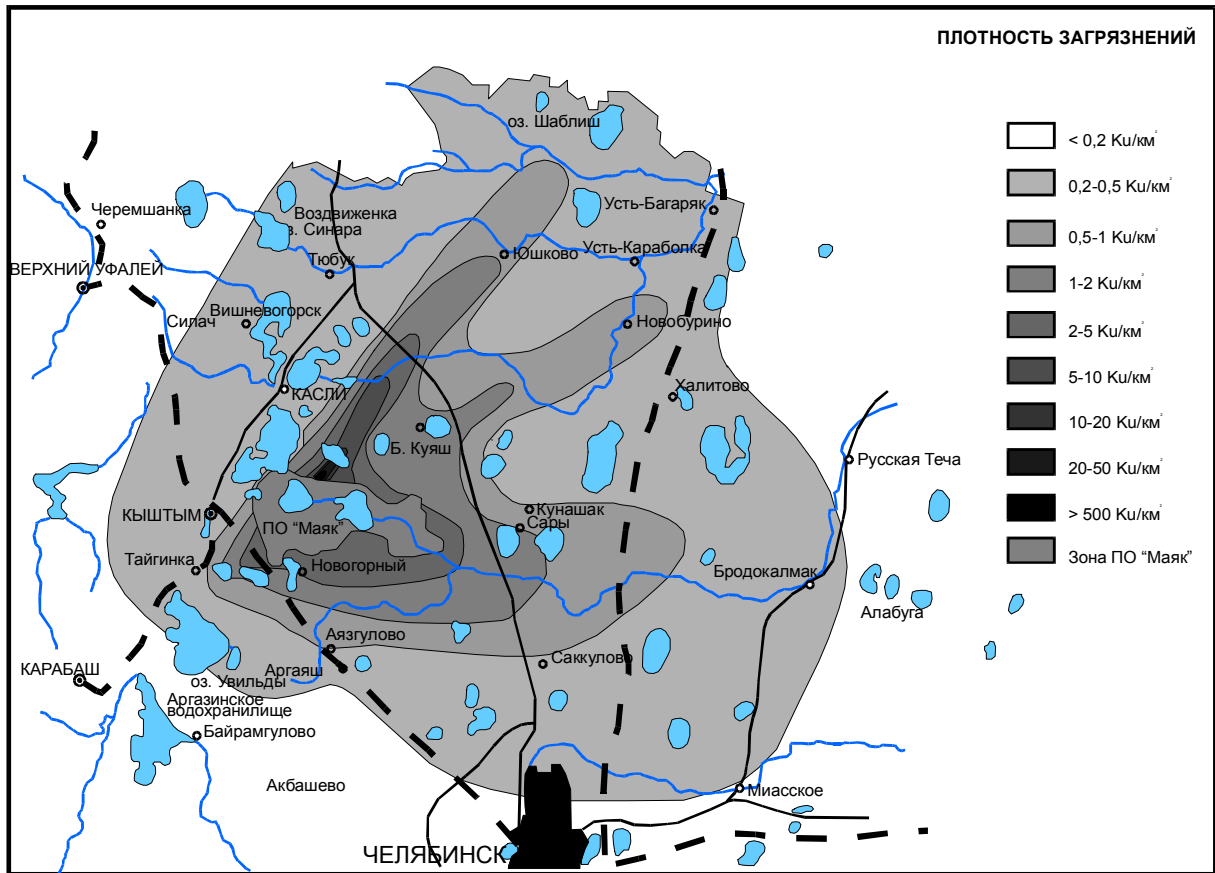


Рис. 1. Радиактивное загрязнение северных территорий Челябинской области Cs-137. (Из материалов администрации области - "Челябинская область. Ликвидация последствий радиационных аварий", Челябинск, 1996 г.).

Цезий-137 подобно калию накапливается в мышцах, почках, яичниках. Период выведения 100 дней.

Картина загрязнения была ясна и ранее. Только тем, кто жил на этих землях, существовал от этой земли, знать все про нее было не положено.

Начиная с 1961-1963 гг. на ПО «Маяк» был организован систематический контроль за выбросами радионуклидов в атмосферу из основных высоких труб. Более 90% выбросов радионуклидов в атмосферу произведено до 1970 года. Контроль за выпадением радиоактивных осадков проводится, начиная с 1951 года. Данные контроля за выбросами и выпадениями при нормальной работе предприятия содержатся в многочисленных годовых отчетах ПО «Маяк».

Средний уровень загрязненности поверхности Земли цезием-137 и стронцием-90 составляет в настоящее время 0,05 Kц/км².



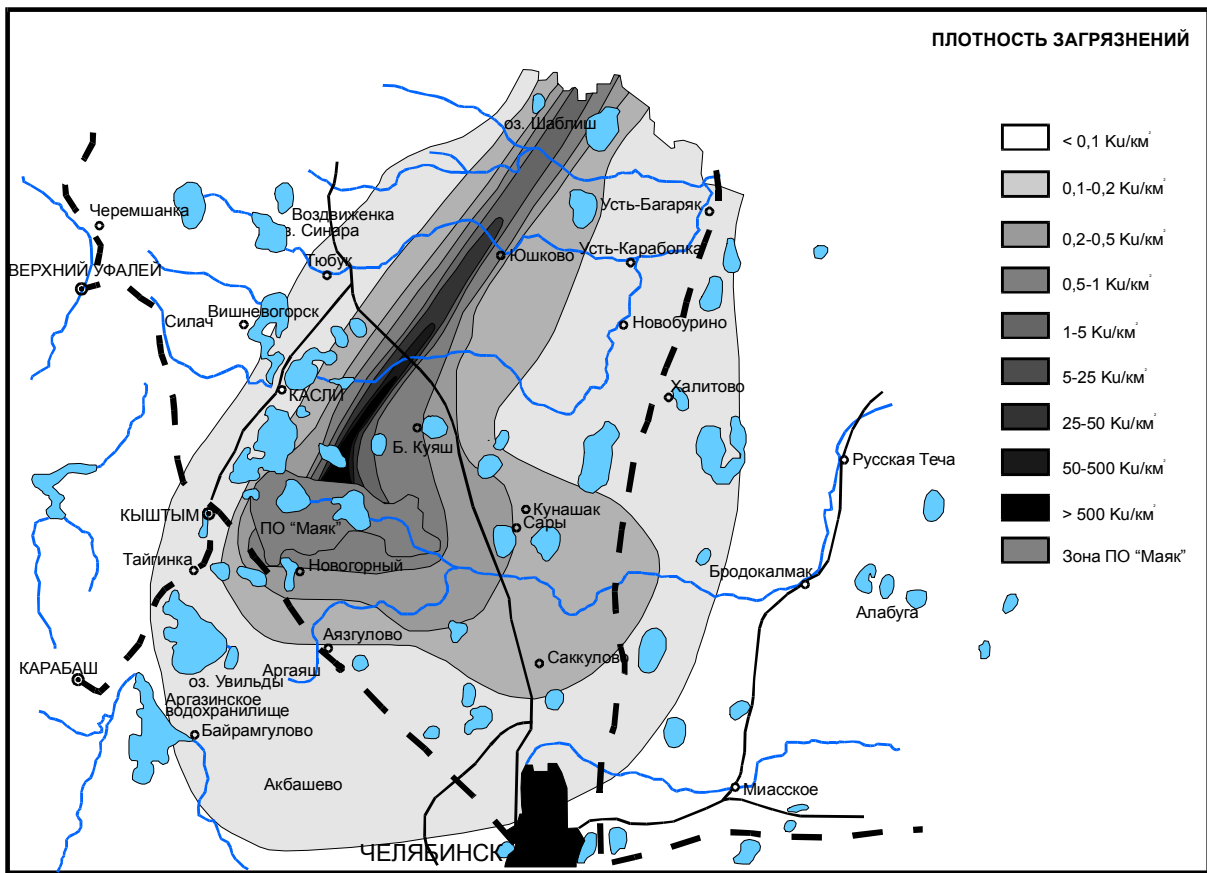


Рис. 2. Радиактивное загрязнение северных территорий Челябинской области Sr-90.  
 (Из материалов администрации области - "Челябинская область. Ликвидация последствий радиационных аварий", Челябинск, 1996 г.).

Ниже для примера приводятся некоторые данные по среднегодовым концентрациям радионуклидов в приземном слое воздуха и почвах.

Таблица 1. Среднегодовые концентрации радионуклидов в приземном слое воздуха в 1989 году

Наименование пункта контроля	Направление	Расстояние	Суммарная концентрация бета-активных нуклидов	Концентрация Sr-90, $10^{-14}$ Ку/м <sup>3</sup>	Концентрация НТО <sup>1</sup> , $10^{-10}$ Ку/м <sup>3</sup>	Концентрация альфа-излучающих радионуклидов, $10^{-16}$ Ку/м <sup>3</sup>
Челябинск-65	ССЗ	10	5,6	0,5	1,6	0,32
п. ОНИС	СВ	17	2,3	0,4	3,6	0,08
п. Башакуль	В	2,6	1,6	0,4	5,4	0,73
п. Худайбердинск	ЮВ	12	7,1	0,7	4,6	0,57
п. Новогорный	Ю	8	6,0	0,5	1,6	0,22
Пос. № 2	ЮЗ	6	1,1	0,1	1,6	0,16
г. Кыштым	З	16	0,9	0,1	-	-
г. Касли	С	10	1,3	0,3	-	-
п. Аргаяш	Ю	25	3,0	0,04	-	-
г. В. Уфалей	СЗ	60	1,0	0,03	-	-
ДКб <sup>2</sup>				$4 \times 10^{-11}$	$3 \times 10^{-7}$	Pu-239 по $3 \times 10^{-14}$

Как упоминалось выше, уже первые радиометрические обследования территории после аварии 1957 года показали, что загрязнение очень пятнисто. В ямках, низинках – больше, на холмиках, вершинках – ниже. Ландшафт, как оказалось, наряду с погодными условиями, играет очень большую роль в распространении загрязнения. И в действительности загрязнение распределено не столь равномерно, как показано на рис. 1 и 2. Поэтому проводились дополнительные исследования и в 1997 году Челябинским Центром радиационного мониторинга закончено составление более подробных карт загрязнения стронцием-90 и цезием-137.

Также накоплены данные по содержанию стронция-90 и цезия-137 в воде рек и озер. Так, в воде реки Теча, наиболее загрязненной техногенными радиоактивными элементами, содержание стронция-90 и цезия-137 в 1994 году составило: в селе Муслюмово  $2,5 \times 10^{-10}$  и  $2,5 \times 10^{-11}$  Ку/л (или 9,2 и 1,3 Бк/л), в 1 км за Муслюмово  $1,6 \times 10^{-8}$  и меньше  $2 \times 10^{-11}$  Ку/л (или 592 и меньше 0,74 Бк/л), в с. Красноисетском (после впадения реки Теча в реку Исеть) меньше  $5 \times 10^{-12}$  и меньше  $2 \times 10^{-11}$  Ку/л (или меньше 0,18 и меньше 0,74 Бк/л). ДКб по стронцию-90  $4 \times 10^{-11}$  Ку/л, по цезию-137  $1,5 \times 10^{-8}$  Ку/л (Комплексный доклад за 1994 год).

<sup>1</sup> НТО – окисел трития

<sup>2</sup> ДКб – норма допустимой концентрации для лиц группы Б, находящихся по условиям работы в сфере воздействия техногенных источников радиоактивного воздействия

Таблица 2. Загрязнение почвы в контрольных точках

Территория населенного Пункта	Накоплено в почве, Ки/км <sup>2</sup>					
	1962-1966		1976-1980		1989	
	Sr-90	Cs-137	Sr-90	Cs-137	Sr-90	Cs-137
Челябинск-65	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Поселок № 2	0,2	0,2	0,1	0,5	0,2	0,2
Башакуль	0,2	0,3	0,2	1,3	0,3	1,2
Комсомольское	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1	0,3
Калиновское	-	-	0,2	1,0	0,2	0,5
Худайбердинск	0,3	0,4	0,2	1,5	0,2	0,5
Аязгулово	-	-	0,1	0,5	0,1	0,1
Булатово	-	-	0,1	0,4	0,1	0,3
Горный	-	-	0,2	0,8	0,1	1,0
Кизил-булак	-	-	0,2	0,8	0,2	0,4
Назирово	0,1	0,1	0,1	0,8	0,2	0,3
Утсабаево	-	-	0,1	0,6	0,1	0,2
Селезни	0,4	0,2	0,1	0,8	0,3	1,0
Новогорный	0,1	1,1	0,5	2,0	0,5	2,0
р-д Татыш	0,2	0,2	0,3	1,5	0,1	1,2
ОНИС	0,8	0,4	0,8	1,4	1,0	1,0
Б. Куяш	0,2	0,2	-	-	0,3	1,4
Бижеляк	-	-	-	-	0,2	0,2
Тюбук	-	-	-	-	0,1	0,1
Кр. Партизан	-	-	-	-	0,1	0,2
Кулуево	-	-	0,1	0,2	-	-
Кыштым	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
Оз. Увильды (Сайма)	-	-	-	-	0,1	0,1
Оз. Акуля-Акакуль	0,2	0,3	-	-	0,1	0,4
Каолиновый	0,1	0,1	-	-	0,1	0,1
Касли	0,3	0,2	0,1	0,3	0,1	0,3
Сары	0,1	0,2	-	0,8	0,1	0,8
Аргаяш	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

«Исследования, проводимые Институтом экологии растений и животных УрО РАН, показывают, что содержание стронция-90 и цезия-137 в воде реки Теча превышает на 2-3 порядка уровни для рек северных умеренных широт. Запас некоторых радионуклидов в воде по расчетным данным составляет стронция-90  $2 \times 10^{10}$ , цезия-137  $10^9$  Бк, плутония  $10^6$  Бк.

Содержание в грунтах Течи в 49 км от места сброса составляет по стронцию-90 2,4–11,2 кБк/кг, цезия-137 4,9–640 кБк/кг с максимумом на глубине 14-20 см. На 237-ом км уровень их накоплений соответственно составляет по стронцию-90 0,05–1,8 кБк/кг, по цезию-137 0,03–0,25 кБк/кг» (Рихванов, 1997).

По государственной программе РФ по радиационной реабилитации Уральского региона был выполнен определенный объем исследований для проведения комплексной оценки радиэкологической обстановки по реке Теча. Сделан анализ информации, накопленной с 1941 года, о гидрологическом режиме реки и плотности загрязнения пойменных почв техногенными радионуклидами. По данным обследования выявлено значительное загрязнение поймы реки. Максимальные уровни загрязнения в верховьях (после водоема-11) достигают значительных величин, а именно

цезия-137 более 10 тыс. Ки/км<sup>2</sup>, стронция-90 более 400 Ки/км<sup>2</sup>, изотопов плутония – более 2 Ки/км<sup>2</sup>.

Существенно загрязнены пойма реки в пределах населенных пунктов, расположенных по ее берегам, и территории самих поселков (Муслимово, Бродокалмак, Русская Теча, Нижнепетропавловское). В настоящее время созданы крупномасштабные карты (1:5000) распределения цезия-137 в пойме реки в пределах сел, изучено содержание техногенных нуклидов в почвах на территориях этих населенных пунктов.

Полученные карты позволили определить, что в селе Муслимово плотность загрязнения цезием-137, превышающая 40 Ки/кв.км, составляет около 20% территории поймы реки (0,15 кв.км), в селе Бродокалмак – 23% (0,11 кв.км), в селе Русская Теча – 15% (0,06 кв.км), в селе Нижнепетропавловское – 20% (0,14 кв.км). Примерно 30% поймы этих населенных пунктов загрязнены цезием-137 в пределах от 1 до 15 Ки/кв.км.

Также выявлены наиболее загрязненные территории ВУРСа – около 1000 га за пределами санитарно-защитной зоны «Маяка» и выполнены работы по уточнению радиационной обстановки на территориях населенных пунктов, расположенных в наиболее загрязненной зоне (Татарская Караболка, Красный Партизан, Багаряк, Башакуль и др.).

Определен приоритетный список населенных пунктов, подлежащих дополнительному радиационному обследованию. Первое место в этом списке занимают те из них, которые наиболее подвержены загрязнению от текущей деятельности ПО «Маяк» - пос. Новогорный и совхоз Худайбердинский. Они расположены вблизи промышленного водоема Карачай на расстоянии 5 и 10 км от предприятия в неблагоприятном, с точки зрения розы ветров, направлении (Челябинская область. Ликвидация последствий радиационных аварий. 1996).

Следует привести результаты еще двух исследований, которые могут быть полезны жителям радиационно загрязненных территорий.

- В 1992-93 гг. по заказу Социально-экологического Союза была выполнена комплексная оценка радиозоологического состояния территории пос. Муслимово. В состав работ входили локальные измерения по двум профилям гамма-спектрометром СП-4 с целью определения гамма-излучающих радионуклидов, которые формируют гамма-фон в пос. Муслимово. Было установлено, что помимо естественных радионуклидов в почвенном слое отмечается присутствие цезия-137. В то же время радиоактивность цезия-137 мало обеспечивает дополнительный гамма-фон, всего 0,03 – 0,04 мкЗв/час или 3-4 мкр/час (Чечеткин, Хотулева, 1993).
- Плотность загрязнения цезием-137 пос. Муслимово согласно рис. 2 составляет 0,5-1 Ки/км<sup>2</sup>. Приблизительно можно оценить дополнительный гамма-фон при других плотностях загрязнения цезием-137. Так, при плотности загрязнения 1-2 Ки/км<sup>2</sup> 6-8 мкр/час, при 0,2-0,5 Ки/км<sup>2</sup> 1-2 мкр/час.
- Из почвы и воды радионуклиды поступают в пищевой рацион животных и человека. Исследования Челябинской областной станции химизации сельского хозяйства показали, что содержание основного дозообразующего радионуклида стронция-90 в продукции растениеводства и молоке коров общественного сектора в контрольных пунктах, расположенных по

периметру ВУРСа, в 2-5 раз превышает глобальные уровни и составляет в среднем 10-50% от временно допустимых уровней (ВДУ, 1993). Концентрация этого радионуклида в молоке коров личного пользования в отдельных населенных пунктах в 1,5-2 раза выше, чем его содержание в молоке общественного поголовья.

В отдельных подворьях отмечено превышение ВДУ в картофеле.

(Челябинская область: ликвидация последствий радиационных аварий)

## Плутоний

А что известно о загрязнении плутонием? Именно оружейный плутоний нарабатывали остановленные реакторы почти полувека.

К сведению!

В биосфере естественный плутоний не обнаружен.

Уровень глобального (от испытаний ядерного оружия) загрязнения плутонием колеблется от 30 до 300 Бк/м<sup>2</sup>.

Плутоний – активный альфа-излучатель. Его удельная активность в 200 000 раз выше, чем у урана-235. Поступает в организм с воздухом, пищей, через кожу. Накапливается в легких, костях, печени и почках и не выводится полностью в течение всей жизни. Каждая альфа-частица плутония дает 15 млн. пар ионов.

Воздействие плутония в комплексе с серой выше в десятки раз воздействия одного плутония.

Контроль за содержанием плутония в выбросах и сбросах предприятий и в окружающей среде осуществлялся «Маяком» постоянно, но первой известной общественности работой была оценка поверхностного загрязнения целинных почв плутонием в окрестностях Челябинска, выполненная малым предприятием «РЭМ» организации «Союз Чернобыль» в 1992 году по заказу Комитета по радиационной безопасности Челябинской области. Посмотрите на рис.3. Самое большое загрязнение, конечно, на промплощадке «Маяка». Но обнаружены участки, где плотность загрязнения слоя почвы плутонием по сумме изотопов 238, 239 и 240 достигает 800-1000 Беккерелей на 1 кв. м (Бк/м<sup>2</sup>). Предельно допустимый уровень принят 3700 Бк/м<sup>2</sup>.

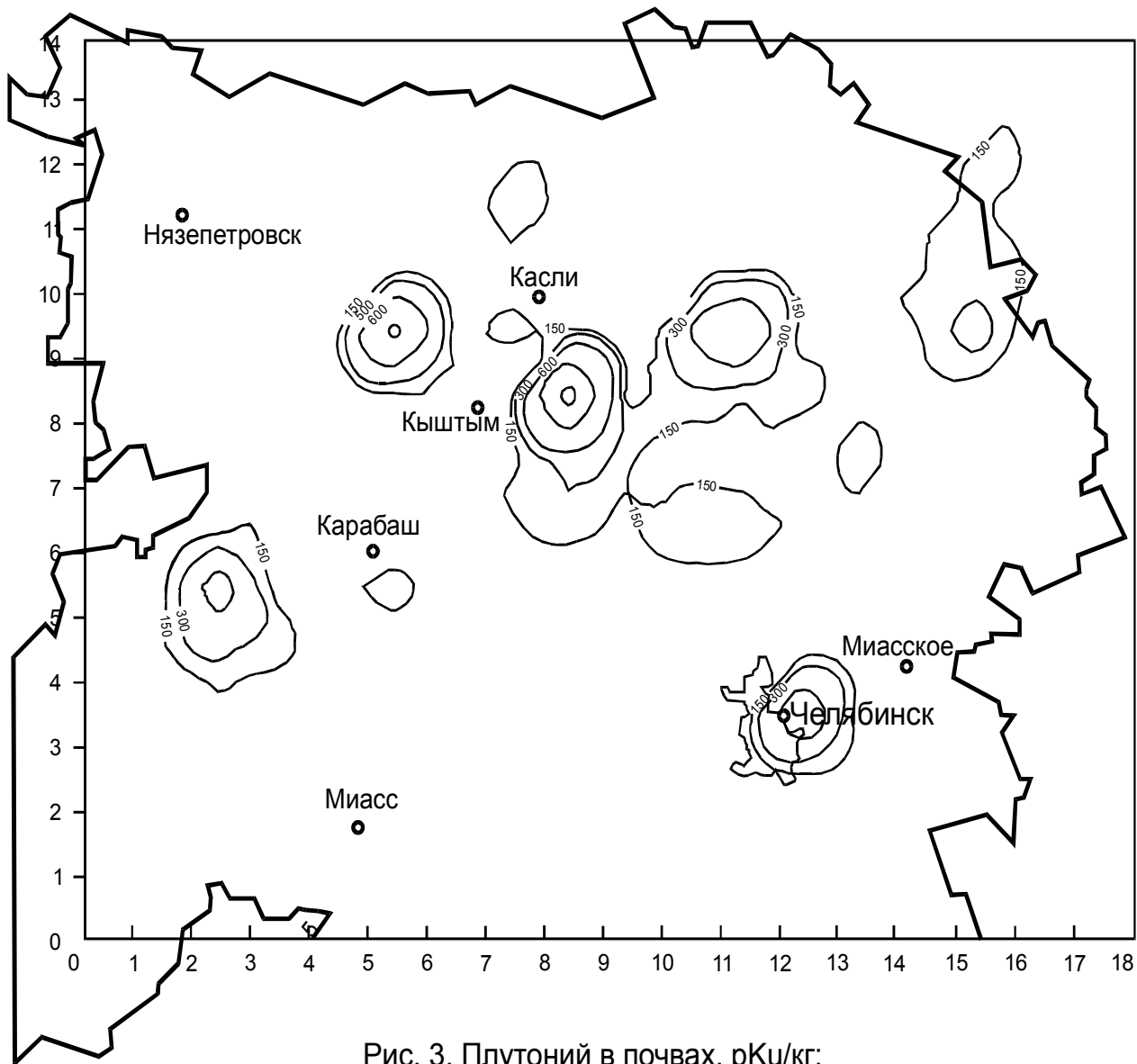


Рис. 3. Плутоний в почвах, pCi/kg;  
 Изолинии 150-300-600-1200-2000 pCi/kg.  
 (Из материалов "Отчета по договору НИР РК-4/92  
 "Уточнение радиозэкологической обстановки  
 в районе города Челябинска". 1992 год)

Оценка содержания плутония за пределами «Маяка» производилась и ранее Опытной научно-исследовательской станцией (ОНИС), санитарно-эпидемиологической станцией (СЭС), Челябинской областной станцией химизации сельского хозяйства. Сравнение результатов МП «РЭМ» 1992 года с имеющимися данными, которые отражали картину загрязнения плутонием в предшествующие годы, показали, что в суммарной доле изотопов плутония с 1976 года – времени пуска в эксплуатацию завода РТ-1 – увеличивается вклад плутония-238 как следствие переработки отработанного ядерного топлива энергетических реакторов на заводе РТ-1 (Воробьев и др., 1993).

По результатам обследования почв в Кунашакском и Октябрьском районах области в 1993-94 гг. теми же авторами было определено, что 85% территории этих районов загрязнено плутонием энергетического состава от завода РТ-1, и что прирост «энергетического» плутония многократно превысил уровни плутония, который был накоплен на территории области до 1977 года.

Из новых данных (1993-96 гг.) о загрязнении плутонием и другими альфа-излучающими радионуклидами еще трех районов Челябинской области – Каслинского (до 80 км от ПО «Маяк»), Троицкого и Брединского (на расстоянии 250-400 км от «Маяка» на юг и юго-восток) следует еще один вывод: истинная граница «зоны влияния» ПО «Маяк» по атмосферному переносу плутония в южном направлении простирается далее 400-километрового радиуса (Воробьев, 1998).

Ниже приводится поверхностная плотность загрязнения почвы плутонием в зоне влияния ПО «Маяк» в Бк/м<sup>2</sup> по данным Г.В. Воробьева и ПО «Маяк».

Таблица 3. Поверхностная плотность загрязнения почвы плутонием в зоне влияния ПО "МАЯК" в Бк/м (Bq/m) по данным ПО "Маяк" и автора

"Зона влияния" (радиус, R (км))	ОНИС <sup>3</sup> ПО «Маяк», <sup>238,240</sup> Pu на 1992 г.	Данные автора, <sup>238, 239, 240</sup> Pu на 1996 г.
R=100-400 км	Фон (37-110)	28-3000 ( $\alpha$ до 14,00)
R= 40-100 км	Фон (37-110)	150-6000 ( $\alpha=0,03-2,9$ )
R-с.з.з. <sup>4</sup> – 40 км	370-550	350-6000 ( $\alpha=0,03-2,5$ )
Граница с.з.з.	Мах. 3700	Мах. 40 000 ( $\alpha=2,0$ )
Пойма р. Теча (50-100 м от уреза воды)	Мах. 7400	Мах. 300 000 ( $\alpha=0,02$ )

$$\alpha = \frac{{}^{238}\text{Pu}}{{}^{239,240}\text{Pu}} \quad (\text{по активности})$$

В ходе выполнения государственной программы радиационной реабилитации Уральского региона с 1992 года целым рядом научно-исследовательских организаций были выполнены следующие работы, касающиеся загрязнения плутонием:

- по оценке содержания плутония в Кунашакском районе, в пойме реки Теча у села Муслюмово;
- по изучению физико-химического состояния и распределения плутония в донных отложениях и пойменных почвах реки Теча;
- по радиоактивному загрязнению природных сред и биологических объектов плутонием в районе села Муслюмово;

<sup>3</sup> ОНИС – опытная научно-исследовательская станция

<sup>4</sup> с.з.з. – санитарно-защитная зона

- по оценке содержания плутония-239,240 в объектах окружающей среды в Каслинском и Кунашакском районах;
  - по оценке содержания плутония в продуктах питания и в атмосферном воздухе;
  - по детализации загрязнения плутонием пос. Новогорный и озера Улагач;
  - по детализации загрязнения плутонием с. Б. Куяш;
  - определение границ загрязнения поймы реки Теча от водоема-11 до границы с Курганской областью. (Ячменев, Иваницкая, 1998)
  - Ниже приводятся основные результаты этих работ.
  - Содержание изотопов плутония-239,240 в почвах Кунашакского района превышало глобальный уровень загрязнения почв в среднем в 2-10 раз. Увеличения содержания изотопов плутония в пробах, отобранных в 1988-90 гг., в сравнении с пробами 1975-78 гг. не наблюдалось.
  - В пойме Течи у Муслюмово максимальные значения плутония отмечаются в непосредственной близости от русла. Наиболее загрязненным является поверхностный 5 см слой почвы.
  - Биологическая доступность плутония выше, чем у цезия-137 и составляет в среднем для пойменной почвы  $7(\text{плюс-минус})2,4\%$ . Основная активность плутония приходится на частицы меньше 100 мкм. 95% плутония находится в верхнем 25 см слое. Плотность загрязнения плутонием от верховьев реки Теча до с. Муслюмово крайне неравномерна. Оценочная величина запаса плутония в донных отложениях 0,3 Ки, в пойменные почвы 7,5 Ки.
  - Фоновый уровень загрязнения почв в районе с. Муслюмово составил 0,003 Ки на кв. км. По сравнению с фоновыми пробами пойма реки Теча загрязнена изотопами плутония-239,240 в несколько тысяч раз интенсивнее. Сравнивая содержание изотопов плутония-239,240 и плутония-238, прослеживается преобладание плутония-239,240.
  - Содержание плутония-239,240 в пробах почв, отобранных на территории ВУРСа, в 5-10 раз выше, чем на остальных территориях. Содержание плутония-239,240 в луговой растительности изменяется от 1,2 (Полднево) до 8,2 Бк/кг (с. Нижнепетропавловское). Среднее по зоне обследования 4,3 Бк/кг воздушно-сухой массы. Выше среднего в Татарской Караболке – 5,2 Бк/кг, Касли – 6,8 Бк/кг, Халитово – 7,8 Бк/кг. Содержание плутония в воде озер и рек, обследованных на территории ВУРСа, от 1 до  $19 \times 10^{-3}$  Бк/л. Среднее значение  $6 \times 10^{-3}$  Бк/л, что превышает максимальный уровень плутония-239,240 в воде водоемов северного полушария в 200 раз ( $10^{-16} - 10^{-15}$  Ки/л).
- Содержание плутония в пробах донных отложений рек Теча и Караболка составило 34-91 Бк/кг. Среднее содержание выше глобального фона для донных отложения примерно в 60 раз ( $2-30 \times 10^{-12}$  Ки/кг).
- Содержание плутония в картофеле 2,87-5,75 мБк/кг сырой массы. Величина годового потребления будет составлять  $9,45 \times 10^{-4} \%$ .
  - Суммарная концентрация естественных и искусственных аэрозолей колебалась от  $0,016 \times 10^{-3}$  Бк/м<sup>3</sup> (г. Касли) до  $0,075 \times 10^{-3}$  Бк/м<sup>3</sup> (г. Кыштым).
  - В пос. Новогорный территории с уровнем загрязнения плутонием-239,240 выше 0,05 Ки/км<sup>2</sup> составляют около 60% общей площади поселка. Средний уровень загрязнения 0,046 Ки/км<sup>2</sup>. Средние концентрации естественной растительности 0,021 Бк/кг. Колебания от 0,012 до 0,029 Бк/кг.



- Уровень загрязнения плутонием-239,240 прибрежных почв оз. Улугач от 0,03 до 0,09 Ки/км<sup>2</sup>.
- Концентрация плутония-239 в атмосферном воздухе п. Новогорный в 1994 году составила 8,2% от допустимой нормы.
- Среднее содержание плутония-239,240 на целинных участках села Б. Куяш составило 0,007±0,002 Ки/км<sup>2</sup>, в почве приусадебных огородов 0,014±0,003 Ки/км<sup>2</sup>. (Ячменев, Иваницкая, 1998)

На основе собранной информации составлена приближенная карта загрязнения плутонием-239,240. На ней оконтурена зона высокого загрязнения почв. Карта представлена на рис. 4. Так что жители могут узнать, хотя бы приближенно, о степени загрязнения плутонием в конкретных местах.

В 1996 году «Маяк» опубликовал свои обобщенные данные по

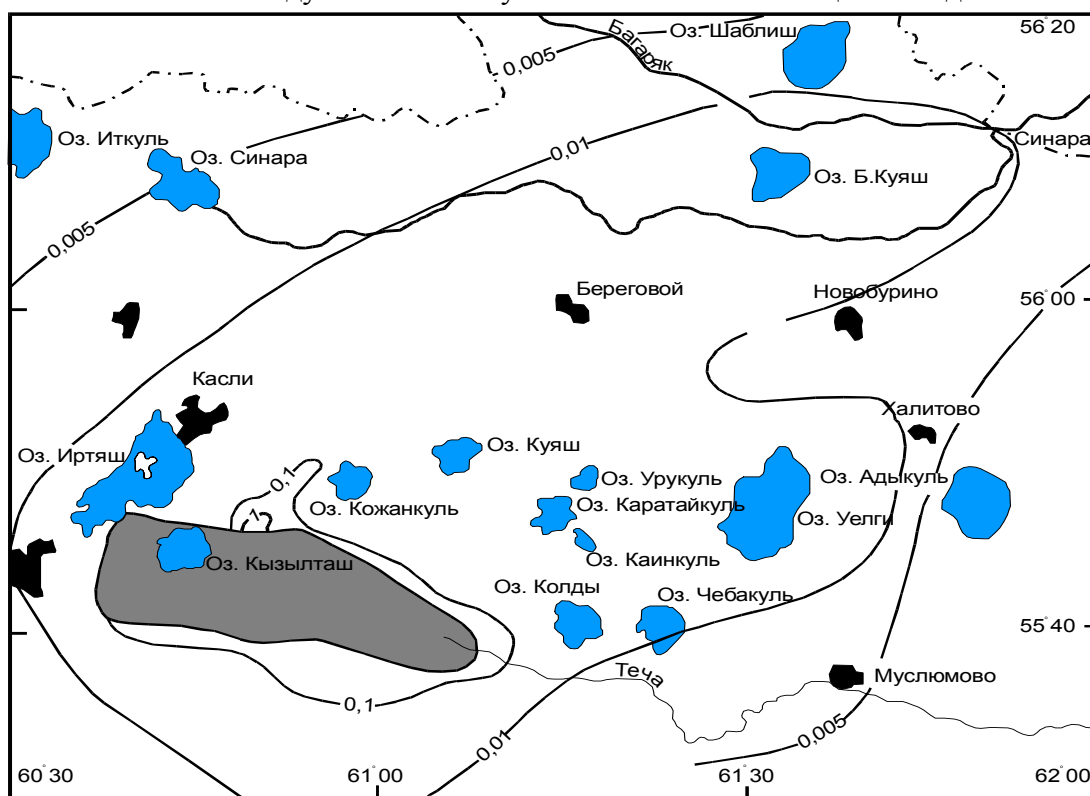


Рис. 4. Плотность загрязнения почв северных территорий Челябинской области плутонием. (Из материалов «Комплексного доклада о состоянии окружающей природной среды Челябинской области в 1996 году»)

10 км 5 0 5 10 км

Условные обозначения

0,01 Изолинии (Ки/км<sup>2</sup>)   
  СЗЗ   
  Граница области

содержанию плутония в окружающей среде. В них приводятся графики распределения плотности загрязнения почвы плутонием-239,240 по разным направлениям от условного центра промплощадки предприятия.

Наибольшая плотность загрязнения 2-40 кБк/м<sup>2</sup> отмечена на территории, примыкающей к санитарно-защитной зоне, и на площади головной части ВУРСа.

Поступление плутония в органы людей территории зоны наблюдения ПО «Маяк» находится в пределах 8-30 Бк/год, что составляет 0,01-0,04% предела годового поступления плутония для населения категории Б, равного  $6,7 \times 10^4$  Бк/год (Романов, Бакуров, 1996).

Таким образом, деятельность ПО «Маяк» обусловила дополнительное к фоновому загрязнение плутонием окружающей среды. Количественные данные и данные по площадному распространению противоречивы.

Более подробно данные о загрязнении плутонием приведены в книге «Плутоний в окружающей среде» из серии «Плутониевая экономика: выход или тупик?», изданной «Движением за ядерную безопасность».

Наряду с загрязнением почвы плутонием имеет место и загрязнение их обогащенным ураном (Материалы семинара Движения за ядерную безопасность «Плутониевая экономика: выход или тупик? Выявление проблем», 1998).

## **Тритий или радиоактивный водород**

В загрязнении окружающей среды участвуют и другие радиоактивные элементы. Среди них криптон-85, тритий, углерод-14. Последствия их влияния не совсем ясны. О них меньше пишут и говорят.

К сведению!

Тритий также как и стронций-90, цезий-137, плутоний биологически активен и играет важную роль в биогенных круговоротах.

В естественных условиях тритий формируется в небольших количествах в верхней атмосфере под воздействием космических лучей и искусственно – при расщеплении ядра.

Тритий может легко инкорпорироваться (связываться) в органическом материале, и это особенно усиливается (в 10-100 раз) в присутствии йода, некоторых тяжелых металлов, микроволн.

Тритий может фактически внедриться в любую молекулу, содержащую водород, и оставаться в жидкости клетки. Попадая в тимидин – один из «строительных блоков», который образует хромосомы, он загрязняет в 50-50000 раз сильнее генетический материал, чем, если бы он поглощался водой.

При фотосинтезе тритий предпочитает инкорпорироваться в органических молекулах. Картофель имеет высший показатель переноса трития из почвы в биомассу растения. Содержание трития в органическом материале в 10 раз выше у коров, откармливаемых на загрязненной траве, по сравнению с теми, которые получают его в питьевой воде.

Когда тритий распадается, он испускает бета-излучение и превращается в инертный газ гелий. Соединение, частью которого был тритий первоначально, становится затем биологически инертным или, в зависимости от его структуры, токсичным. Было доказано генетическое действие этих трансмутаций. Ученый Мевиссен, облучая мышей тритием,

обнаружил новый тип генетически переданного рака. Рак возникает только в 25-м поколении и потом передается генетически (Р. Грейб, 1994).

Фоновое значение трития  $5 \times 10^{-10}$  Ку/л.

Данные по тритию приводятся в «Материалах комиссии по изучению экологической ситуации в Челябинской области» (1991).

Непрерывный контроль за концентрациями трития в приземном слое воздуха в районе «Маяка», включая зону наблюдения, ведется с 1976 года.

По данным контроля:

Содержание трития в атмосферном воздухе в Соцгороде, пос. № 2, п. Новогорном за 5 лет, предшествовавшие 1991-му году, составляло  $1,5-5 \times 10^{-13}$  Ку/л.

Эквивалентная доза по тритию для населения за счет ингаляции оценивалась дозой 0,2-0,5 мбэр/год или менее 1% от предела дозы.

Ниже приводятся концентрации трития в пробах воды из реки Теча.

Таблица 4. Концентрация трития в пробах воды из реки Теча

Пункт контроля	Период отбора пробы	Концентрация трития, $10^{-8}$ Ку/л
Водоем 11 <sup>5</sup>	1990	3,5,
ПБК	1990	<1,0
ЛБК	1990	<1,0
Муслюмово	2 кв. 1983	1,0
	4 кв. 1983	1,0
	1989	1,0
Далматово	1990	<1,0
Затеченское	1990	<1,0
Красноисетское	1990	<1,0
Затеченское	1986	0,3
В. Теча	1986	0,3
Н. Петропавловское	1982, 1983	0,2-0,3

ДКб =  $4 \times 10^{-6}$  Ку/л.

Выводы из таблицы:

Вклад техногенного трития в вынос его Течей оценивается в 84-95%.

Концентрация трития в реке в  $10^{2-3}$  раза меньше ДКб.

Концентрации трития в пробах из района Муслюмово выше, чем в пробах из районов поселков Нижнепетропавловское и В. Теча.

Анализ полученных в 1982-86 гг. результатов измерений проб из рек и озер района расположения ПО «Маяк» позволяет оценить границу распространения трития от предприятия в 90-130 км. На юго-западном, западном направлениях зафиксированы значения, близкие к фоновым в реках Уфа, Куваши, Коелга, Атлян, Ай. На северо-восточном направлении фоновые уровни трития определены в реке Исеть выше городов Двуреченск и Каменск-Уральский, в реке Багаряк у пос. Багаряк, в левобережных притоках Исети (р. Каменка, р. Камышевка). Уровень загрязнения озер зависит от ряда факторов: акватории, глубины, площади водозабора, подпитки грунтовыми водами, погодных условий, содержания трития в

<sup>5</sup> – через тело плотины 11

атмосфере. Для естественных водоемов основным в поступлении трития является диффузионный обмен между атмосферной влагой и поверхностным слоем воды (60-70% прихода трития).

Активность озерной воды несколько выше, чем речной и лежит в пределах (8-65),  $10^{-10}$  Ки/л, что на 2-3 порядка величин ниже ДКБ для питьевой воды.

Уровень загрязнения снежного покрова тритием лежит в пределах от  $5 \times 10^{-10}$  до  $1,8 \times 10^{-8}$  Ки/л.

Пространственное распределение трития в воде поверхностных водоемов, во влаге снежного покрова и влаге приземной атмосферы представлено экспоненциальной зависимостью от расстояния до источника загрязнения – т.е. чем дальше от источника загрязнения, тем содержание трития меньше.

(Материалы комиссии по изучению экологической ситуации в Челябинской области, 1991).

## **Криптон-85**

Основная доля активности радионуклидов, выбрасываемых ПО «Маяк» в атмосферу, приходится на инертные радиоактивные газы (ИРГ), в основном на криптон-85. Суммарная активность выбрасываемых ИРГ достигает значений, аналогичных сбросам среднеактивных жидких отходов. Рассеиваясь в атмосфере, ИРГ не депонируются в почвах и не усваиваются биосистемами, не внося существенного вклада в дозовые нагрузки (Материалы комиссии по изучению экологической ситуации в Челябинской области, 1991).

К сведению!

Исследования специалистов США показали, что ИРГ не столь безобидны и являются существенным фактором радиационного риска. Их воздействие на биологические организмы определяется мембранными эффектами.

Криптон-85 – бета-излучатель. Период полураспада 10,7 лет. Долгий период полураспада означает его непрерывное накопление в среде. Газ тяжелее, чем воздух, но распространяется в атмосфере. Криптон-85 является дополнительным источником изменения электропроводности атмосферы в глобальном масштабе в результате ионизации. Климатические и геофизические эффекты этого явления изучены недостаточно (Р. Грейб, 1994; Ядерная энциклопедия, 1996).

## **Об источнике загрязнения**

Наше представление о загрязнении будет неполным, если не напомнить о самом источнике загрязнения.

ПО «Маяк» осуществляет комплекс работ по производству, переработке и хранению ядерных материалов. Кроме того, в составе ПО «Маяк» действует единственный в России комплекс по переработке отработанного ядерного топлива атомных станций, исследовательских реакторных установок, реакторных установок российского атомного флота.

Предприятие занимает около 90 кв. км, санитарно-защитная зона – 250 кв. км, включая 60 кв. км водной поверхности.

Промплощадка, санитарно-защитная зона и головная часть ВУРСа характеризуются наиболее высокими уровнями загрязнения долгоживущими изотопами – стронцием-90, цезием-137, плутонием и ураном (см. рис. 1, 2, 3, 4). Здесь на площади около 40 кв. км сосредоточены отходы радиохимического производства, суммарная активность которых превышает 1 млрд. Кюри.

В 200 могильниках содержится более 500 тыс. тонн твердых отходов. В специальных хранилищах находится 20 куб. м высокоактивных осадков общей активностью 150 млн. Кюри. В емкостях захоронено не менее 900 млн. Кюри высокоактивных жидких отходов.

Такая концентрация радиоактивных отходов является беспрецедентной и очень опасной. Поэтому сегодня проблема обращения с радиоактивными отходами – одна из самых серьезных для «Маяка». Вывод из эксплуатации единственной печи по остекловыванию высокоактивных жидких отходов усугубил эту проблему.

Не составляют исключение жидкие радиоактивные отходы низкой и средней активности, сосредоточенные в природных средах региона, краткое описание которых приводилось выше (озеро Карачай, Теченский каскад водоемов, пойма реки Теча).

Ежегодно сбросы «Маяка» в водные объекты в настоящее время составляют около 2 млн. куб. м. Из них большая часть поступает в озеро Татыш и реку Мишеляк. Водозабор осуществляется из озер Большая Акуля, Иртяш, и подземных вод и превышает 6 млн. куб. м. До 90-х годов расход воды на «Маяке» составлял десятки миллионов куб. м, то есть в искусственный кругооборот вовлечено большое количество воды. Можно представить, насколько нарушен в районе «Маяка» естественный водный режим.

Эксплуатация радиохимических производств ПО «Маяк» сопровождается образованием не только жидких и твердых радиоактивных отходов, но и газо-аэрозольных отходов. Из источников выбросов в атмосферу поступают более 20-ти видов радиоактивных веществ различной радиационной опасности. Контролируются следующие основные дозообразующие радионуклиды:

- стронций-90
- цезий-137
- плутоний-239+240
- америций-241
- тритий
- радиоизотопы йода (J-131, J-129)
- инертные радиоактивные газы (аргон-41, криптон-85,85m,87,88, ксенон-133,135 и др.)
- ряд радионуклидов осколочного<sup>6</sup> (рутений-103,106, цирконий-95, ниобий-95 и др.) и активационного<sup>6</sup> (хром-51, кобальт-60, цинк-65 и др.) происхождения

---

<sup>6</sup> - смотри раздел «Радиоактивность»

- естественные нуклиды (калий-40, радий-226, торий-228 и др.), а также ряд искусственных альфа и гамма активных нуклидов.

(Комплексный доклад о состоянии окружающей природной среды Челябинской области в 1994 году).

Кроме радиоактивных веществ ПО «Маяк» выбрасывает в атмосферу десятки других химических веществ.

Для оперативного контроля нормативов предельно-допустимых выбросов (ПДВ) администрация ПО «Маяк» ежегодно утверждает по согласованию с местными органами Минздрава РФ систему контрольных нормативов (контрольных уровней) выбросов, выпадений и приземных концентраций. Значения этих нормативов соответствуют среднестатистическим, реально наблюдаемым уровням, характерным для нормальной деятельности ПО «Маяк».

Существующая на ПО «Маяк» организация радиохимического и химико-металлургического производства, как и на многих промышленных предприятиях, носит планово-циклический характер. Выбросы радиоактивных нуклидов в атмосферу на этих производствах не стационарны по времени, то есть имеют залповую природу. Продолжительность залпового выброса, в зависимости от технологического процесса, может изменяться от десятков минут до нескольких часов.

При определении радиоактивных веществ в атмосфере принято использовать большие периоды осреднения (сутки, месяц, год). Это обусловлено тем, что нормирование воздействия ионизирующего излучения на человека носит годовой характер (нормированию или ограничению подлежит годовая доза).

На ПО «Маяк» имеется разрешение Минприроды на выбросы и сбросы радиоактивных веществ. Эти нормативы установлены так, что при соблюдении ПДВ вклад предприятия в газо-аэрозольные радиоактивные загрязнения прилегающего района, включая загрязнение территории ПО, составляет менее 1% от существующего загрязнения. Установленные нормативы соблюдаются.

Что должно вызывать беспокойство?

Можно заметить, что контрольные нормативы обусловлены техническими возможностями предприятия, а не принципами защиты окружающей среды.

Очевидно, что общественность должна настаивать на пересмотре и отказе от принципов годового нормирования для населения, живущего «под трубой» ядерных топливных предприятий.

В 1992-97 годах администрации области предлагалось поддержать проект по контролю за фактом залповых выбросов ПО «Маяк». Администрация не приняла это предложение «Движения за ядерную безопасность».

Трудно согласиться с таким подходом в нашем случае. Люди, случайно попавшие в момент залпового выброса под его шлейф, могут получить пожизненную дозу при среднестатистически нормативно работающем ядерном предприятии. Видимо, подход к нормированию и поведение населения в момент залповых выбросов следует изменять. По крайней мере, было бы справедливо предупреждать население и администрацию подветренной стороны о предполагаемом выбросе.

Нормативы, определяющие режим эксплуатации и порядок контроля водных объектов ПО «Маяк» регламентируется документами, разработанными на самом предприятии. Установленные контрольные уровни отражают лишь достигнутый предприятием за 50 лет технический уровень в области обращения с радиоактивными отходами, а также реальную годовую производственную программу.

Современные подходы к охране окружающей Среды этими нормативами игнорируются.

Пытаясь изменить ситуацию, специальная инспекция Госатомнадзора выдала рекомендации установить экологически обоснованные нормы сброса радионуклидов в промышленные водоемы. Но администрация ПО «Маяк» придерживается мнения, что промышленные водоемы - изолированные водные объекты, на которые не распространяется действующая в РФ «Отраслевая методика расчета предельно допустимых сбросов радиоактивных веществ в речные системы». Вместо названной методики ПО «Маяк» использует термин «Временный лимит поступления», который рассчитывается из критерия «не увеличения во времени общего запаса радионуклидов» в промышленных водоемах. Данный критерий предложен в соответствии с разработанными Институтом Биофизики (Москва) и ПО «Маяк» «Санитарно-гигиеническими требованиями и мероприятиями по обеспечению безопасного режима эксплуатации и регулирования промышленных водоемов на ПО «Маяк».

Создается впечатление, что ПО «Маяк» само регламентирует свою деятельность, нормирует (лимитирует) сбросы и выбросы в окружающую среду. При этом основным критерием является технические возможности, производственные объемы и культура обращения с радиоактивными отходами на предприятии и в смежных с предприятием структурах.

Что принесло разоружение?

В связи с разборкой и демонтажем выведенных из эксплуатации ядерных реакторов увеличивается количество твердых радиоактивных отходов (ТРО). Захоронение ТРО всех групп производится отдельно от неактивных отходов в могильники, расположенные на территории промплощадки.

Сами реакторы также проблема для «Маяка». И хотя разработана целая концепция вывода реакторов из эксплуатации и консервации, но это тоже впервые, это тоже эксперимент (В. Губарев, «Сон атомных великанов», Российская газета, 8.04.1997).

Кроме отходов на территории ПО «Маяк» в хранилищах находятся десятки тонн плутония, количество которого с каждым годом возрастает. В свое время, учитывая необходимость выполнения Россией международных соглашений о сокращении стратегических наступательных вооружений, Челябинская область дала предварительно согласие для сооружения на территории области хранилища делящихся материалов, высвобождаемых при демонтаже ядерного оружия, снимаемого с вооружения.

Проектируемое хранилище предназначено для долговременного хранения делящихся материалов – оружейного плутония и высокообогащенного урана, высвобождающихся в результате утилизации ядерных боеприпасов. Это повлечет многократное увеличение поступления радиоактивных и ядерных материалов на территорию области.

Продолжительность хранения делящихся материалов (ДМ) определена до 100 лет, при этом имеется в виду организация в течение этого времени переработки ДМ для использования в энергетических целях (Заключение экспертной комиссии по откорректированному технико-экономическому обоснованию строительства хранилища делящихся материалов на ПО «Маяк», Москва, 1995).

Администрация области также согласовывает ввоз на ее территорию зарубежного отработанного ядерного топлива (ОЯТ) для переработки на ПО «Маяк».

Предполагается также в ближайшие годы увеличение ввоза для хранения и переработки на «Маяке» ОЯТ атомных подводных лодок для разгрузки баз Тихоокеанского и Северного ВМФ.

Таким образом, очевидно последовательное увеличение радиационной и ядерной опасности для области.

В связи с отсутствием финансирования приостановлено строительство Южно-Уральской атомной станции (АС). Строящиеся объекты АС размещены на территории Восточно-Уральского государственного заповедника, что является нарушением регламента заповедника. Если АС будет построена, то это еще дополнительное увеличение радиационного риска.

С пуском Южно-Уральской Атомной станции:

- поступление твердых радиоактивных отходов увеличится на 2 тыс. тонн в год;
- поступление среднеактивных жидких радиоактивных отходов (ЖРО) увеличится на 24 тыс. куб. м в год.
- выработка высокоактивных ЖРО увеличится примерно на 3 млн. Кюри в год.

(Материалы Комиссии по изучению экологической ситуации в Челябинской области, том II, 1991).

Увеличение радиационного риска в области осуществляется без достаточного обеспечения компенсациями, при этом гарантии по социальной защите населения области не выполняются.

Также не выполнены в полном объеме из-за отсутствия достаточного финансирования мероприятия, направленные на снижение вероятности радиационной аварии на ПО «Маяк».

- Не прекращен сброс жидких радиоактивных отходов в Карачай.
- На самом начальном этапе находится работа по локализации загрязненных подземных вод под Карачаем.
- Не введены в эксплуатацию установки для остекловывания жидких высокоактивных отходов и отверждения среднеактивных.
- Отсутствует комплекс по переработке твердых радиоактивных отходов.
- Не завершено закрытие акватории озера Карачай.
- Не решена проблема переполнения Теченского каскада водоемов.

(Отчет о выполнении государственной программы РФ по радиационной реабилитации Уральского региона, 1996).

Таким образом, на территории Челябинской области существует двойной источник радиационного воздействия на население и окружающую



среду: радиационное загрязнение прошлых лет, сложившееся в основном в результате радиационных аварий на комбинате «Маяк», и современное воздействие, неизбежное для всякого действующего предприятия. При этом воздействие радиоактивного загрязнения на здоровье людей рассматривается в комплексе с другими факторами риска естественной и техногенной природы.

В целом экологическая ситуация Челябинской области отражена на карте

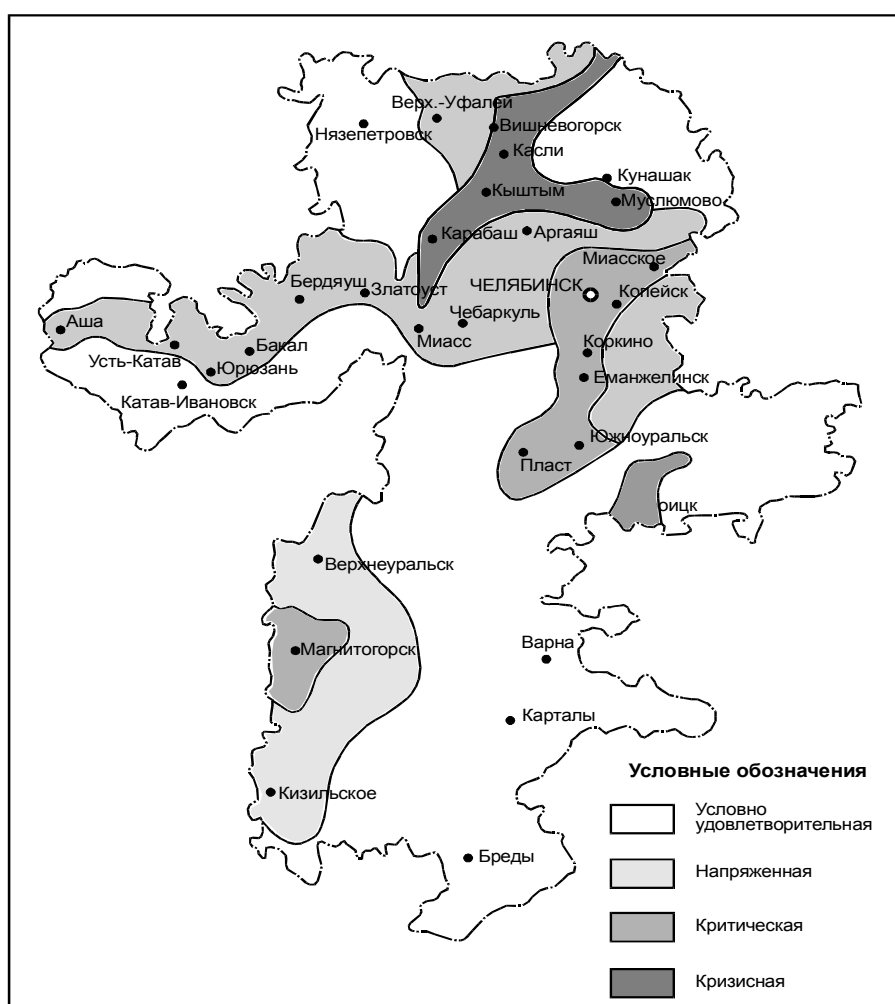


Рис. 5. Районирование территорий Челябинской области по состоянию экологической ситуации. М 1:3000000. (Из материалов «Комплексного доклада о состоянии окружающей природной среды Челябинской области в 1996 году»).

## Литература

1. Администрация Челябинской области, Комитет по ЧС «Челябинская область: ликвидация последствий радиационных аварий», Челябинск, 1996.
2. Базуев Г. «Заложники», Челябинск, «Рифей», 1997.
3. Винокуров А.Ю., Винокуров Ю.Е. Прокурорский надзор за исполнением законодательства о ядерной и радиационной безопасности. М., изд. МНЭПУ, 1995.
4. Воробьев Г.В. Регенерация отработавшего ядерного топлива и ее влияние на загрязнение плутонием окружающей среды (на примере завода РТ-1 в Челябинске-65). Материалы семинара «Плутониевая экономика: выход или тупик?». Челябинск, 17.01.1998.
5. Воробьев В.В., Лазаревич В.Е., Козюлин С.В., Хотулева М.В. Отчет по договору НИР № РК-4/92 «Уточнение радиоэкологической обстановки в районе города Челябинска», Москва, 1992.
6. Галимов А.А. НП «Тауфик», «Радиация на Урале. О правовом положении граждан, пострадавших от радиации», Челябинск, 1997.
7. Грейб Р. «Эффект Петко». М., 1994.
8. Государственная экологическая экспертиза. Заключение экспертной комиссии по откорректированному технико-экономическому обоснованию строительства хранилища делящихся материалов на ПО «Маяк», Москва, 1995.
9. Губарев В. Сон атомных великанов. Российская газета, 8.04.1997.
10. Движение за ядерную безопасность. Материалы семинара «Плутониевая экономика: выход или тупик? Выявление проблем», Челябинск, 1998.
11. Ерошкин А. «А бедным муслюмовцам блеснула надежда», «Вечерний Челябинск» 29.02.96.
12. Ерошкин А., Блиновских С. «Конституционный суд решил: льготы должны быть у всех пострадавших от радиации, а не только у эвакуированных и переселенцев», «Вечерний Челябинск» 13.03.96.
13. Зайнишев А.В., Порецкая Э.И., общая редакция Ю.С. Смирнова. «Бытовые приборы радиационного контроля», Челябинск, 1994.
14. «Знамя труда» газета Кунашакского района «Наиболее значительные аварии на радиохимических заводах», 11.09.1997.
15. Калинина Т. «Радиация вызвала генетические изменения», газета «Челябинский рабочий» 22.04.1997.
16. Литовкин В., Михеев В. «У Индии будет 30 атомных бомб», газета «Известия», 18.07.1998.
17. Материалы Комиссии по изучению экологической ситуации в Челябинской области (Распоряжение Президента СССР № РП-1283 от 3 января 1991 года), 1991.
18. Новоселов В., Толстиков В. «Гайна «сороковки», Екатеринбург, 1995.
19. Пашнина Г.К. «К сорокалетию аварии на ПО «Маяк». Сборник докладов участников общественных слушаний, Челябинск, 1997.

20. Петрушкина Н.П. «Состояние здоровья детей города Озерска», Сборник «Влияние радиации на живую природу и здоровье человека (опыт ученых Челябинской области), Челябинск, Озерск, 1995.
21. «Резонанс». Заключение объединенной экспертной группы по охране окружающей среды экспертной подкомиссии Государственной экспертной комиссии Госплана СССР и постоянной экспертной группы Верховного Совета СССР. Челябинск, 1991.
22. Рискин В. «Маяк» будет всегда», газета «Челябинский рабочий», 19.06.1998.
23. Романов Г.Н., Бакуров А.С. «Плутоний в окружающей среде производственного объединения «Маяк». Вопросы радиационной безопасности, № 2, Озерск, 1996.
- 24.Справка «О влиянии деятельности ПО «Маяк» на состояние подземных вод Уральского региона», 1996.
- 25.Управление по радиационной реабилитации Уральского региона. Отчет о выполнении государственной программы Российской Федерации по радиационной реабилитации Уральского региона и мерах по оказанию помощи пострадавшему населению на период до 1995 года. Челябинск, 1996.
26. Файзрахманов Ф.Ф., Субботин Л.А., Зикрач Н.Д., Зыкова З.В., Костенко И.И., Елизаров С.Д. Доклад «Исследования содержания плутония в объектах внешней среды северо-восточной части территории Челябинской области», Снежинск, 1995.
27. Фонотов Н.С. «Про радиацию, про обыкновенную», газета «Челябинский рабочий», 4 ноября 1997.
28. Челябинский областной комитет по экологии и природопользованию. «Комплексный доклад о состоянии окружающей природной среды Челябинской области за 1994 год». Челябинск, 1995.
29. Челябинский областной комитет по экологии и природопользованию. «Комплексный доклад о состоянии окружающей природной среды Челябинской области в 1996 году». Челябинск, 1997.
- 30.Экологический Центр ПО «Маяк», «Каскад промышленных водоемов на реке Теча», выпуск 7, 1994.
31. Яблоков А.В. «Атомная мифология. Заметки эколога об атомной индустрии», М., «Наука», 1997.
32. Ядерная энциклопедия, М., Благотворительный Фонд Ярошинской, 1996.
33. Ячменев В.А., Иваницкая М.В. К вопросу о загрязнении плутонием окружающей природной среды на территории Челябинской области. Экология Южного Урала, 1998.

### III. О радиации

#### Структура атома и ядра

Атом – это наименьшая часть химического элемента (микрочастица), которая является носителем его свойств.

Известно, что атом состоит из тяжелого ядра с положительным электрическим зарядом и окружающих его легких частиц – электронов с отрицательными электрическими зарядами, образующих электронные оболочки. Размеры атома в целом определяются размерами его электронной оболочки и велики по сравнению с размерами ядра атома.

Атом, образно говоря, "пуст". Если вообразить, что ядро водорода имеет размер лесного ореха, то вероятное пространство движения электрона было бы около 500 м (Р. Грейб, 1994). Но не будем забывать микроскопические размеры самих атомов. Диаметр атома – примерно одна миллионная доля сантиметра.

Электронные оболочки не имеют строго определенных границ. Электроны в атоме рассматриваются «как размазанные в пространстве» и образующие вокруг ядра электронное облако.

Ядро атома в сто тысяч раз меньше самого атома, но содержит почти всю его массу. Так масса самого легкого атома водорода почти в 2000 раз больше массы электрона. Ядро представляет невероятно плотную массу по сравнению с плотностью обычных веществ. Его плотность составляет около  $10^{14}$  г/см<sup>3</sup>.

Ядра атомов состоят из протонов с положительными электрическими зарядами и нейтронов – нейтральных частиц. Эти частицы еще называют нуклонами. Протон и нейтрон – это два состояния одной и той же частицы. Общее число протонов и нейтронов в ядре называют массовым числом атома. Масса ядра атома пропорциональна его массовому числу.

Все частицы ядра находятся в непрерывном движении в очень ограниченном пространстве. Когда частица находится в ограниченном пространстве, она начинает усиленно двигаться, и чем больше ограничение, тем выше скорость. Поэтому скорость движения частиц в ядре очень высока – около 40 тысяч миль (или 64 тыс. км) в секунду (Ф. Капра, 1994).

Своеобразием ядерного вещества являются также ядерные силы. Ядерными силами называются силы, которые удерживают нуклоны в ядре. Важным свойством ядерных сил является их независимость от зарядового состояния нуклонов, то есть они действуют между двумя протонами, протоном и нейтроном и двумя нейтронами. Ядерные силы, действующие между двумя протонами в ядре, в 100 раз интенсивнее электростатического взаимодействия между ними. Ядерные силы между частицами действуют только на очень близком расстоянии, равном примерно двум-трем диаметрам нуклона. Интенсивность ядерных сил зависит от расстояния между частицами и ряда других параметров.

Известно также, что частицы в ядре постоянно взаимодействуют с помощью обмена энергией и частицами. В случае электромагнитного взаимодействия в обмене участвуют фотоны; при более сильных

взаимодействиях между нуклонами в обмене участвуют мезоны. Так, в простом случае протон постоянно периодически испускает и поглощает пион (один из типов мезонов), иногда испускает положительно заряженный мезон, превращаясь в нейтрон, который через какое-то время снова поглощает этот мезон, превращаясь в протон. И чем больше частиц в ядре, тем сложнее картина взаимодействия. Образно ядерное вещество сравнивают с микроскопическими каплями предельно высокой плотности, которые бурно кипят и булькают (Ф. Капра, 1994).

Энергетическое состояние ядра отдельного атома определяет движение и скорость движения электронов. Электрические силы стремятся как можно сильнее приблизить электрон к ядру. Электрон реагирует на это, увеличивая свою скорость, и чем сильнее притяжение ядра, тем выше скорость; она может быть равна 600 милям (или 960 км) в секунду. Вследствие этого атом воспринимается как непроницаемая сфера, хотя он и "пуст". Электроны придают материи свойство твердости и обеспечивают необходимые связи при образовании молекул.

В атомах, где электронов более одного, электроны также взаимодействуют друг с другом. Вследствие взаимного отталкивания электронов в атоме существенно уменьшается их прочность связи с ядром. Слабее всего с ядром связаны электроны самой внешней оболочки.

Таким образом, атом и ядро являются сложными и динамичными образованиями (или системами).

Атом и ядро подчиняются законам квантовой механики. Их энергия может изменяться только скачкообразно – путем квантового перехода из одного энергетического состояния в другое.

## Ионизация и изотопы

Число протонов в атомных ядрах каждого элемента точно известно. Оно соответствует порядковому номеру элемента в таблице Менделеева. Если числу протонов в ядре соответствует число электронов в электронной оболочке, то атом электрически нейтрален. Но, если электронов будет больше или меньше, чем протонов в ядре, то атом будет иметь или положительный или отрицательный заряд, то есть он будет ионизирован, и его называют ионом.

Известно также, что число нейтронов в ядре может быть различным у одного и того же элемента. Атомы одного и того же элемента с разным числом нейтронов в ядре называются изотопами. Чтобы отличать изотопы, после обозначения элемента записывается число частиц в ядре. Например, уран-238 имеет в своем ядре 238 частиц – 92 протона и 146 нейтронов, уран-235 – 92 протона и 142 нейтрона. Ядро атома водорода имеет в нормальном (или основном) состоянии один протон (H-1), тяжелый водород имеет один протон и один нейтрон (H-2 или дейтерий) и один протон и два нейтрона (H-3 или тритий).

## Радиоактивность

Что такое радиоактивность? Это способность неустойчивых ядер испускать частицы. Атомы же или молекулы, обладающие такой способностью, назвали радиоактивными или радионуклидами.

Явление радиоактивности было открыто в 1896 году французским ученым Анри Беккерелем. Случайно воздействуя солями урана на фотопластинку, он обнаружил, что уран является источником какого-то излучения. Исследуя действие на излучение магнитного поля, был установлен его состав: положительно заряженные частицы, отрицательно заряженные частицы и неотклоняемое в магнитном поле проникающее излучение, названное гамма-излучением. В 1898 году М. и П. Кюри аналогичное излучение открыли для тория. Кроме того, они открыли два новых элемента, испускающих излучение – радий и полоний. Эти открытия и послужили толчком к разработке физики и химии радиоактивных элементов, тех знаний, которые человечество сейчас имеет. За работы, связанные с исследованием и применением радиоактивности, было присуждено более 10 Нобелевских премий по физике и химии, в том числе А. Беккерелю и П. и М. Кюри.

Какие же ядра являются неустойчивыми? Мы уже говорили, что ядро атома – очень сложное и динамичное образование, и чем больше в нем частиц, тем сложнее картина взаимодействия частиц в ядре и больше вероятность испускания из ядра частиц и квантов энергии. При этом количество частиц в ядре изменяется и получается изотоп другого элемента.

Атомные ядра всех элементов делятся на 2 основные группы – стабильные и радиоактивные. Стабильные ядра в свободном состоянии могут существовать неограниченное время, сохраняя неизменным состав частиц и все физические свойства. Радиоактивные же ядра с течением времени распадаются, то есть меняется количество частиц в ядре или нуклонный состав с испусканием частиц.

Природные химические элементы от водорода до свинца имеют один или несколько изотопов стабильных и еще несколько радиоактивных. Например, изотопы водород-1 и водород-2 стабильны, а водород-3 нестабилен, то есть радиоактивен; углерод-12 и углерод-13 стабильны, а углерод-14 радиоактивен.

Элементы тяжелее свинца имеют только нестабильные, то есть радиоактивные изотопы.

Все известные радиоактивные элементы разделяют на 2 группы: естественные и искусственные (техногенные).

Искусственные радиоактивные элементы еще подразделяют на:

осколочные (продукт деления ядер урана-235 под воздействием тепловых нейтронов);

продукты активизации за счет взаимодействия нейтронов, гамма-квантов и других излучений с веществом;

трансурановые радиоактивные элементы (элементы ядерных реакций).

(Рихванов, 1997)

## Типы излучений

Немного подробнее поговорим об **основных** типах излучений (или радиации).

Как уже говорили, ядра атомов могут испускать:

1. Положительно заряженные частицы или альфа-частицы, состоящие из двух протонов и двух нейтронов, т.е. представляют собой ядро гелия. Это очень большие частицы. Они проходят в воздухе всего несколько сантиметров и только на 0,1 мм проникают в органическую ткань. Но, попадая в клетку, они оказывают большое воздействие, разрушают структуру клетки. Действие этих частиц сравнивают с действием "слона в посудной лавке". Альфа-частицы излучают тяжелые радиоактивные элементы: плутоний-239,238, уран-235, радон-222 и др.

2. Бета-частицы – это электроны или позитроны, которые излучаются при превращении нейтрона в протон или наоборот. Бета-частицы могут проникать в органическую ткань на несколько сантиметров. Особенно опасны при попадании внутрь организма. Бета-частицы излучают стронций-90, тритий (водород-3), углерод-14 и др. Бета-излучение характерно для всех нестабильных ядер атомов легче свинца.

3. Гамма-излучение – это жесткое электромагнитное излучение, может проникать сквозь бетон, свинец, сталь небольшой мощности. Оно сопровождает альфа- и бета-частицы и имеет ту же физическую природу, что свет и рентгеновское излучение, но его длина волны в сотни тысяч или миллионы раз меньше, чем у светового, а частота и энергия квантов излучения во столько же раз больше.

Гамма-излучение испускает цезий-134,137, йод-131, кобальт-60.

4. Есть еще один тип излучения – нейтронное. Нейтроны испускаются при взрыве атомной бомбы и при делении ядер в реакторах АЭС. Нейтроны обладают мощной проникающей способностью. Их действие ограничивает лишь большое количество воды, парафин, полиэтилен, графит.

## Методы и средства измерения радиоактивности

Регистрация радиоактивного излучения производится по эффектам его воздействия на вещество. Основными методами регистрации являются:

Ионизационный метод, основанный на измерении степени ионизации газов, либо по образованию электронно-дырочных пар в твердых телах.

Люминесцентный метод обусловлен возникновением свечения под влиянием какого-либо воздействия. Возникновение и интенсивность свечения обусловлены накоплением энергии при взаимодействии излучения с веществом.

Оптический метод реализуется на эффекте изменения оптических свойств материалов под воздействием радиоактивного излучения.

Фотографический метод, самый первый метод, который позволил Беккерелю открыть явление радиоактивности. Основан на воздействии радиоактивного излучения на фоточувствительные материалы.

Калориметрический метод измерения радиоактивности основан на измерении тепла, выделяемого при радиоактивном распаде или при взаимодействии излучения с веществом.

Химические методы основаны на изменении химического состава жидкостей или газов при взаимодействии с радиоактивным излучением.

Количественные и качественные характеристики радиоактивного излучения, основанные на тех или иных методах регистрации, измеряются радиометрами, дозиметрами, спектрометрами и спектрометрическими комплексами.

Радиометрические, дозиметрические и спектрометрические устройства характеризуются определенными метрологическими параметрами, которые необходимо учитывать.

Аппаратура для измерения радиоактивного излучения и измерения радиоактивных веществ проходит постоянные периодические проверки, при которых она эталонируется по государственным стандартам и образцам-источникам.

Для радиационного контроля населением предназначены бытовые приборы радиационного контроля (смотри «Бытовые приборы радиационного контроля» А.В. Зайнишев, Э.И. Порецкая, Челябинск, 1994).

## **Единицы измерения радиоактивности**

### **Период полураспада**

Радиоактивное излучение (или распад) каждого конкретного изотопа протекает с определенной скоростью. Никакие в земных условиях методы воздействия на вещество (механические, электрические, химические) не могут повлиять на этот процесс – ни ускорить его, ни замедлить. Скорость распада численно определяется периодом полураспада. Период полураспада - это время, в течение которого распадается половина ядер радиоактивного элемента. К примеру, период полураспада

природных изотопов:

калий-40 – 1,22 млрд. лет

торий-232 – 14,05 млрд. лет

уран-238 – 4,5 млрд. лет

некоторых техногенных изотопов, производимых на ядерных установках:

стронций-89 – 50,5 дней

стронций-90 – 28,5 лет

рутений-106 – 368 дней

йод-129 – 5,7 млн. лет

йод-131 – 8,04 дня

цезий-134 – 2,06 года

цезий-137 – 30,1 года

плутоний-239 – 24390 лет

плутоний-238 – 87,7 лет

ксенон-133 – 5,29 дней

криптон-85 – 10,76 лет



третий (H-3) – 12,3 года

углерод-14 – 5736 лет

За еще один такой период распадается половина половины радиоактивных ядер и остается уже четверть и т.д. Время полного распада радиоактивных ядер элемента примерно в 10 раз больше периода полураспада.

### **Активность**

Количество радиоактивного вещества измеряется чаще всего не единицами массы, а активностью. Активность равняется числу ядерных превращений (распадов) в единицу времени. Чем больше распадов испытывают атомы данного вещества в секунду, тем больше его активность. В качестве единицы измерения активности принят 1 распад в секунду. Эта единица получила название Беккерель (Бк).

1 Бк = 1 рас/с

Часто применяется другая величина – Кюри (Ки).

1 Ки =  $3,7 \times 10^{10}$  Бк,

что соответствует активности 1 грамма радия.

Очень часто к единице активности используют множители и приставки для образования дольных единиц и их наименований:

пико (п) –  $1 \times 10^{-12}$

нано (н) –  $1 \times 10^{-9}$

микро (мк) –  $1 \times 10^{-6}$

милли (м) –  $1 \times 10^{-3}$

санти (с) –  $1 \times 10^{-2}$

дека (д) –  $1 \times 10^2$

кило (к) –  $1 \times 10^3$

мега (М) –  $1 \times 10^6$

Концентрация радиоактивности вещества характеризуется концентрацией его активности, которая выражается в единицах активности на единицу массы: Бк/кг, Ки/кг (удельная активность); на единицу объема: Бк/л, Ки/л (объемная активность); на единицу площади: Бк/см<sup>2</sup>, Ки/км<sup>2</sup>.

С загрязненной радионуклидами поверхности будет идти непрерывный поток ионизирующих излучений. Интенсивность этого потока характеризуется его плотностью. Плотность потока частиц – число частиц, испускаемых в единицу времени с единицы площади. Измеряется плотность потока в частицах в секунду с квадратного сантиметра (част./с·см<sup>2</sup>) или частиц в минуту с квадратного сантиметра (60 част./с·см<sup>2</sup>).

## **Ионизирующая радиация**

Ядерные излучения способны выбивать электроны из электронной оболочки атомов, которые встречаются на их пути. Поэтому они называются ионизирующими. В ионизации и возбуждении атомов и молекул и заключается опасность радиационного воздействия на органическую ткань. Степень опасности радиационного воздействия зависит от типа излучения, от величины энергии излучения, периода полураспада и от того, какую часть энергии излучение передаст тканям организма. Причем чисто физическое

воздействие радиации часто не обязательно равно биологическому воздействию. Различные типы излучения могут действовать биологически различно при одной и той же физической (или поглощенной) дозе. Альфа-частицы примерно в 20 раз, нейтроны в 10 раз биологически эффективнее, чем гамма-излучение. Для гамма и бета-излучений физическое воздействие примерно равно биологическому.

## **Естественный радиационный фон**

Все горные породы, почвы, подземные и поверхностные воды содержат незначительное количество природных радиоактивных элементов. Это уран, торий с дочерними изотопами, актиний, калий, рубидий, самарий и др. Присутствие в природе радиоактивных изотопов, а также космическое излучение обуславливают естественный радиоактивный фон.

Среди космических лучей различают первичные и вторичные. Первичные космические лучи приходят к Земле из Галактик (галактические высокоэнергетические) и от Солнца (солнечные умеренных энергий), имеющие связь с активностью Солнца. Основной состав космических лучей протоны, незначительно альфа-частицы и тяжелые ядра. Взаимодействуя в верхних слоях атмосферы с ядрами встречных атомов, космические лучи порождают космогенные радионуклиды – тритий или водород-3, углерод-14, бериллий-7, натрий-22 и вторичные частицы: электроны, фотоны, мезоны, нейтроны и др., пронизывающие атмосферу. Часть излучений, проникающая через атмосферу, ослабляется воздухом, и их воздействие зависит от высоты над уровнем моря. В самолете на высоте 10 000 м гамма-излучение составляет около 100 мкр/ч. Такое же значение гамма-излучения фиксируется на горных вершинах типа Эльбруса. Интенсивность галактических космических лучей также зависит от широты – на экваторе наименьшая, наибольшая – в высоких широтах. Различие определяется особенностями магнитного поля Земли.

При средней высоте над уровнем моря территории в 430 м доза космического излучения для средних широт составляет 323-333 мкЗв/год (или 0,32-0,33 мЗв/год).

Земное радиационное излучение определяется геологическим строением конкретного района, т.е. тем, какие горные породы и минералы распространены. Есть места на Земле, где из-за повышенного содержания радиоактивных элементов фон значительный (в Индии в штатах Керала и Тамилнаду на побережье Индийского океана – месторождений монацитовых песков Траванкор; в Бразилии, на острове Ньюи в Тихом океане и других). В этих районах мощность экспозиционной дозы гамма-излучения достигает сотен и даже тысяч мкр/час. Так, средняя экспозиционная доза гамма-излучения в районе пляжных песков в штате Керала около 150 мкр/час.

По величине дозы природного гамма-излучения на территории России выделяются зоны: пониженной (до 600 мкЗв/год), умеренной (600-900 мкЗв/год), повышенной (900-1250 мкЗв/год) и высокой (более 1250 мкЗв/год) природной радиации.

Зона пониженной радиации располагается в равнинной части севера России, охватывает тундровые и таежные ландшафты Русской платформы,

центральной части Западно-Сибирской плиты и север Сибирской платформы.

Зона умеренной радиации охватывает лесостепные ландшафты Восточно-Европейской равнины, включая южную часть Русской платформы и Урал.

Зона повышенной природной радиации сопряжена со степными ландшафтами Предкавказья и горно-таежными ландшафтами обширных территорий Восточного Забайкалья и Дальнего Востока.

Территории с высокими дозовыми нагрузками занимают не более 1,4% площади России и не образуют единой зоны. Это горный и высокогорный районы южной, юго-восточной и восточной окраин России. Повышенная доза радиации определяется здесь коренными выходами магматических пород ультракислого, щелочного составов и ультраметаморфическими породами. В интенсивность радиации заметный вклад вносят также дозовые нагрузки космического излучения, т.к. абсолютные высоты достигают 1500-2000 м и выше (Рихванов, 1997).

Наиболее распространены и воздействуют на нас калий-40 и радон-222 – продукт распада радия-226, который в свою очередь образуется при распаде урана-238.

В составе природного калия калий-40 составляет небольшую долю (0,01%) и присутствует совместно с нерадиоактивными изотопами калий-39 (93,08%) и калий-41 (6,91%). Установлено, что калий усваивается любым организмом без изменения изотопного состава.

Из почвы калий-40 поступает через корневую систему растений в организм животных и человека. Особенно интенсивно калий-40 усваивается фасолью (229 Бк/кг), картофелем (174 Бк/кг), орехами (210 Бк/кг), клюквой (355 Бк/кг). Средняя концентрация калия-40 в различных органах и тканях человека 20-120 Бк/кг.

Радон и продукты его распада – основные источники, формирующие естественную радиоактивность низших слоев атмосферы. Радон-222 – тяжелый инертный газ с периодом полураспада 3,82 суток. Внешнее облучение от радона несущественно. Альфа-частицы, которые он излучает полностью задерживаются одеждой. Опасен радон при длительном вдыхании. Попадая в организм, радон не включается в обмен веществ, но сильно ионизирует ткани легких, что может привести к серьезным последствиям (Ядерная энциклопедия, 1996).

## **Естественный радиационный фон Челябинской области**

Естественный радиационный фон Челябинской области в значительной степени определяется геологическим строением ее территории. Область расположена в пределах южной и средней частей древней Уральской горной страны. На дневной поверхности в настоящее время здесь обнажаются разнообразные горные породы, которые образовались сотни миллионов лет назад. Среди них широко распространены породы с повышенным содержанием природных радиоактивных элементов. Это интрузивные породы гранитного ряда (граниты, гранодиориты, диориты),

вулканические породы кислого состава, древние метаморфические породы и др. Кроме того, в уральских структурах широко развиты разрывные тектонические нарушения, которые наиболее проницаемы для водных растворов и газов. Поэтому эти зоны являются местами переотложений (или скоплений) радиоактивных элементов.

Так, например, в северо-восточной части Челябинской области распространены толщи из порфиритов различного состава, их туфов с прослоями вулканогенно-осадочных и осадочных пород – туфопесчаников, туффитов, песчаников, алевролитов; из кварцевых порфиров и их туфов; из известняков и других осадочных пород. Среди них залегают интрузивные массивы различных размеров и составов.

В обычной геологической практике радиоактивность горных пород чаще всего характеризуется мощностью экспозиционной дозы гамма-излучения (гамма-активность). По данным исследований челябинских геологов, значение гамма-активности у порфиритов могут изменяться от 2 до 14 микрорентген в час (мкр/ч), туфов порфиритов – от 2 до 19 мкр/ч, кварцевых порфиров – от 5 до 35 мкр/ч, туфов порфиров – от 5 до 20 мкр/ч, туфопесчаников – от 0 до 2 мкр/ч, туффитов – от 1 до 5 мкр/ч, песчаников – от 6 до 12 мкр/ч, известняков – от 11 до 13 мкр/ч, глин, песков, суглинков – от 8 до 18 мкр/ч.

Интрузивные породы (породы, образовавшиеся при остывании магмы в земной коре) характеризуются следующими значениями гамма-активности:

Сerpентиниты – от 3 до 9 (среднее 6) мкр/ч.

Габбро – от 5 до 11 (среднее 8) мкр/ч.

Диориты – от 4 до 25 (среднее 14) мкр/ч.

Гранодиориты – от 18 до 35 (среднее 26) мкр/ч.

Граниты – от 10 до 39 (среднее 24) мкр/ч.

(Из геологических отчетов. Бабкин В.В. и др., 1965; Белгородский Е.А. и др., 1966).

## **Дозы ионизирующего излучения и единицы их измерения**

Итак, мы постоянно находимся под влиянием природной радиации и техногенного радиационного загрязнения. А какова количественная оценка этого влияния?

Чтобы количественно оценить воздействие радиации на вещество, в том числе и на живое, используют понятия дозы ионизирующего излучения или облучения.

Как отмечалось выше, воздействие излучений сводится к ионизации. Степень ионизации и определяет величину экспозиционной дозы. Эта доза определяется суммарным зарядом всех ионов одного знака, возникших в единице объема воздуха.

За единицу измерения экспозиционной дозы принят 1 рентген (Р). При дозе в 1 Р в 1 куб. см возникает примерно  $2 \times 10^9$  пар ионов.

Единица измерения рентген применяется только для рентгеновского и гамма-излучения и при воздействии их на воздух.

В обычной практике экспозиционная доза измеряется в мили и микро рентгенах (мр, мкр).

Экспозиционная доза за единицу времени есть мощность экспозиционной дозы.

Для твердых тел и живой ткани вводится понятие – поглощенная доза, которая определяется как количество энергии излучения, поглощенное в единице массы вещества. В качестве единицы поглощенной дозы принимался рад. При дозе 1 рад в 1 г вещества поглощается 100 эрг энергии излучения.

В системе СИ единицей поглощенной дозы является грей (Гр)

$$1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг} = 100 \text{ рад.}$$

Мощность поглощенной дозы – рад в секунду (рад/с) или грей в секунду (Гр/с).

Измерения показали, что при экспозиционной дозе 1 Р в 1 г воздуха поглощается 0,88 эрг энергии. Значит, поглощенная доза равна 0,88 рад. В других веществах поглощенная доза может быть иной, но обычно близка к единице. Поэтому, если не нужна высокая точность, то почти всегда экспозиционная доза в (Р) численно будет близка к поглощенной дозе в рад.

Мы также говорили о том, что физическое воздействие не обязательно равно биологическому. Разные типы излучения при одной и той же поглощенной дозе оказывают различное биологическое воздействие. Поэтому ввели третье понятие – эквивалентная доза, которая получается из поглощенной дозы умножением ее на особый коэффициент качества излучения (КК). Для альфа-излучения КК=20, для нейтронного излучения КК=10 (быстрые нейтроны) и КК=3 (тепловые нейтроны), для бета и гамма-излучений КК=1. Измеряется эквивалентная доза в бэр (биологический эквивалент рада).

Для бета-частиц и гамма-квантов поглощенные и эквивалентные дозы численно совпадают, при этом и экспозиционная доза будет примерно такой же.

В системе СИ единицей эквивалентной дозы является зиверт (Зв).

$$1 \text{ зиверт} = 100 \text{ бэр.}$$

Мощность эквивалентной дозы измеряется в бэрах в секунду (бэр/с) или зивертах в секунду (Зв/с).

Оказывается также, что разные органы и ткани тела человека обладают разной чувствительностью к излучению. Например, при одинаковой эквивалентной дозе возникновение рака легких более вероятно, чем рака щитовидной железы. Поэтому дозы облучения органов и тканей также рассматривают с разными коэффициентами (0,12 – для красного костного мозга, 0,03 – для костных тканей, 0,03 – для щитовидной железы, 0,15 – для молочной железы, 0,12 – для легких, 0,25 – для яичников, 0,30 – для других тканей). Умножив эквивалентные дозы всех органов и тканей на соответствующие коэффициенты и просуммировав их, получают эффективную эквивалентную дозу.

Кроме того, для групп людей используется показатель – коллективная эффективная эквивалентная доза, измеряемая в человеко-зивертах (чел/Зв). Она получается суммированием эффективных эквивалентных доз для группы людей за данный период.

## Внешнее, внутреннее и общее облучение

Общее облучение человека складывается из облучения от внешних и внутренних источников. Внешнее облучение организм получает преимущественно от внешнего гамма-излучения, так как гамма-кванты пронизывают тело сквозь кожу.

Внутреннему облучению мы подвергаемся, если радионуклиды с пищей, водой или воздухом попадают в организм. Особенно опасно попадание в организм веществ, излучающих альфа-частицы, таких как уран, плутоний и радон. Затем следует бета-излучение. И менее опасны гамма-кванты, которые, попадая внутрь, с большой вероятностью вылетают из организма.

### Что известно о дозах радиационного облучения?

Подсчитано, что фоновой мощности экспоненциальной дозы в 13 мкР/ч соответствует эквивалентная доза в 100 мбэр/год (внешнее облучение). От внутреннего облучения люди на Земле получают в среднем эквивалентную дозу примерно 135 мбэр/год, а всего от естественных источников излучения – внешних и внутренних – около 200-235 мбэр/год или 2 мЗв/год (данные из книги "А нужна ли нам ядерная энергетика" Абрамова В.Н., Абрамов А.И.).

В качестве нормального естественного радиационного облучения приводятся средние эквивалентные дозы для всего тела, определенные для жителей Швейцарии:

Внешнее облучение:

0,65 мЗв/год – от наземных источников,

0,32 мЗв/год – космические излучения.

Внутреннее облучение:

0,30 мЗв/год – от радона,

1,25 мЗв/год – в домах.

Итого: 2,52 мЗв/год

(из книги Паула Грейба "Эффект Петко").

В учебнике по экологии для 9-го класса Криксунова Е.А., Пасечника В.В., Сидорина А.П. средняя эквивалентная доза не вредная для человека от естественных источников 0,1 бэр/год или 1 мЗв/год. Считается, что это норма для человека.

В годы, предшествующие аварии на Чернобыльской АЭС, на территории бывшего СССР средняя индивидуальная эффективная эквивалентная доза для населения оценивалась в 1,4 мЗв/год, но при этом не были учтены все источники излучения. Позднее, с учетом всех основных источников облучения, средняя облучаемость населения бывшего СССР оценена в 4,2 мЗв/год (Булатов В.И. «Россия радиоактивная», 1996).

Ниже приводятся источники облучения и средняя облучаемость ими.

Средняя облучаемость населения  
бывшего СССР (1991 г.), мЗв/год

Естественный и техногенный фон	2,37
В том числе:	
космическое излучение	0,32
естественные радионуклиды	
внешнее облучение	0,48
внутреннее облучение	0,37
радон и торон	1,20
Техногенные источники	1,82
В том числе:	
медицинского назначения	1,69
ядерная энергетика	0,0002
аварии на Чернобыльской АЭС	0,024
угольная энергетика	0,02
профессиональное облучение	0,006
ядерные испытания	0,02
прочие	0,05
Итого:	4,2

К сведению!

Из источников медицинского назначения наибольший вклад вносят рентгеноскопия желудка – 30 бэр, рентгенография зубов – 3 бэра.

(Булатов В.И., 1996)

Какие же дозы облучения получили жители селений Челябинской области, пострадавшие от радиационных аварий?

В результате всех аварийных ситуаций в северной части Челябинской области радиационному воздействию подверглись 437 тыс. человек. Из них около 18 тысяч человек из наиболее загрязненных поселений были переселены.

В первую аварийную ситуацию 1949-1951 гг. по берегам речной системы Теча-Исеть-Тобол радиационному воздействию подверглись 124 тыс. человек. 28,1 тыс. человек проживали по берегам реки Теча. Около 7,5 тыс. человек из 20 населенных пунктов были переселены. Они получили средние эффективные эквивалентные дозы облучения от 35 до 1700 мЗв. Наибольшие дозы получили жители выселенного села Метлино (1700 мЗв – 1200 человек). ("Резонанс", 1991). Это в десятки и сотни раз больше допустимых норм.

Среди невыселенных сел наибольший уровень облучения – 280 мЗв у жителей села Муслюмово (число жителей в 1949 г. составляло 4 тыс. человек). По суммарной эффективной эквивалентной дозе село Муслюмово до сих пор остается критическим.

В зоне воздействия радиационной аварии 1957 г. оказались 272 тыс. человек из 217-ти населенных пунктов. Наибольшему загрязнению подверглись Каслинский, Кунашакский и Аргаяшский районы, из которых

были переселены 10,2 тыс. человек. Жители 3-х населенных пунктов за 7-10 дней проживания до отселения получили в среднем дозу 520 мЗв; 2280 человек за 250 дней – около 170 мЗв; 7300 человек за 330-770 дней – около 60 мЗв.

Радиоактивным загрязнением, связанным с пылевым ветровым переносом осушенных береговых отложений озера Карачай в 1967 г., были затронуты 63 поселения (41,5 тыс. человек). Доза внешнего облучения для 4800 жителей ближайшей зоны следа составила 13 мЗв.

### **Что известно о дозах в настоящее время**

В настоящее время жители, проживающие на загрязненной территории, подвергаются от техногенного загрязнения, в основном, внутреннему облучению. Наибольший вклад в дозу облучения дают молоко и картофель. В населенных пунктах загрязненной территории значения эффективной эквивалентной дозы от загрязнения оцениваются в диапазоне 1,2 – 4,2 мЗв/год ("Резонанс, 1991).

В первые годы работы комбината большой вклад в дозу облучения населения вносили газоаэрозольные выбросы предприятия. В зоне их преимущественного воздействия наибольшие средние дозы составили 10-15 бэр за 40 лет проживания. Наибольшее значение этой величины (15 бэр) приходится на пос. Новогорный. В зоне сочетанного влияния выбросов предприятия и аварийного загрязнения 1957 и 1967 годов для неэвакуированного населения средние дозы достигали 8-11 бэр за 40 лет проживания при преобладающем (более 90%) вкладе в дозу от выбросов предприятия.

В настоящее время радиационное воздействие на население находится на уровне 3000 чел./бэр в год, что за 30-летний период составляет до 10% аварийного облучения в 50-60-е годы (Челябинская область, ликвидация последствий радиационных аварий, Челябинск, 1996).

Наибольшему воздействию от «Маяка» подвергается местность, примыкающая непосредственно к «Маяку». Радиационный контроль здесь осуществляется службой «Маяка». В «Комплексном докладе о состоянии окружающей среды Челябинской области за 1994 год» приводятся следующие данные по зоне наблюдения (ЗН) «Маяка».

Экспозиционная доза, обусловленная деятельностью предприятия в 1994 году во всех пунктах контроля зоны наблюдения составляла 3-18 мр за 1994 год, в том числе в критическом населенном пункте – пос. Новогорный – она составляла 13% от уровня естественного фона (100 мр/год). Основной вклад в мощность экспозиционной дозы в зоне наблюдения вносит цезий-137.

Ниже представлены данные по дозовым нагрузкам на население, проживающее в зоне наблюдения ПО «Маяк». Расчет произведен в соответствии с «Временными методическими указаниями Института биофизики России и рекомендациями МКРЗ».



Таблица 5. Индивидуальные эффективные дозы облучения за 1994 год, мбэр

Пункт контроля	Внешнее облучение	За счет внутреннего поступления				Полная доза
		Все тело Т-3+ +Cs-137	Кост.пов. Sr-90+ +Pu-239	легкие Т-3+ +Pu-239	Красный костный мозг Sr-90+ +Pu-239	
Озерск	3,93	0,63	6,28	0,25	1,67	12,76
п.ОНИС	10,54	0,67	10,74	0,34	3,89	26,18
п.Башакуль	8,17	0,98	3,05	0,09	1,54	13,83
Худайбер- динск	18,31	2,47	6,76	0,2	2,83	30,56
Новогорный	13,34	4,93	19,55	0,22	12,54	50,59
Пос. № 2	2,92	3,85	13,11	47	3,95	24,3

(Комплексный доклад, 1995)

Результаты расчета индивидуальной эффективной эквивалентной дозы облучения показывают, что в населенных пунктах зоны наблюдений ее значение изменяется от 13 мбэр/год до 50 мбэр/год и находится на уровне прошлых лет.

По данным «Комплексного доклада о состоянии окружающей среды Челябинской области за 1996 год» дозовые нагрузки за 1995-96 годы также находятся на уровне прошлых лет.

Для справки. Ниже приводятся основные дозовые пределы, установленные для нормальных условий эксплуатации источников ионизирующего излучения («Нормы радиационной безопасности» – НРБ-96).

Таблица 6. Основные дозовые пределы (НРБ-96)

Нормируемая Величина	Дозовые пределы	
	Персонал (группа А)	Население
Эффективная Доза	20 мЗв (2 бэр) в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв (5 бэр) в год	1 мЗв (0,1 бэр) в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв (0,5 бэр) в год
Эквивалентная доза за год в:		
Хрусталике	150 мЗв (15 бэр)	15 мЗв (1,5 бэр)
Коже	500 мЗв (50 бэр)	50 мЗв (5 бэр)
кистях и стопах	500 мЗв (50 бэр)	50 мЗв (5 бэр)

Эти основные дозовые пределы не включают в себя дозы от природных, медицинских источников ионизирующего излучения и дозу вследствие радиационных аварий. На эти виды облучения устанавливаются специальные ограничения.

В ходе реализации Федеральной целевой программы по реабилитации Уральского региона и мерах по оказанию помощи пострадавшему населению

на период до 2005 года санитарной службой области были проведены многоплановые исследования в плане оценок дозовых нагрузок, в том числе в населенных пунктах зоны ВУРСа. Оценивались не только техногенные источники радиационного воздействия, но и природные, и медицинские. Были проведены исследования на содержание радона в жилье и выполнена оценка внешнего облучения, обусловленного космическим излучением и природной радиоактивной минерализации (Кравцова и др., 1997).

По геолого-геофизическим данным на территории ВУРСа выделяются 2 природные аномалии естественной радиоактивности – Юго-Коневская и Кыштымско-Вишневогорская. Наличие этих аномалий отразилось повышенным содержанием радона в жилых помещениях ряда населенных пунктов. Уровень медицинского облучения в Каслинском и Кунашакском районах по эффективной дозе оказался ниже областного показателя (0,98 мЗв/год).

Ниже приводятся эффективные дозы текущего облучения от различных радиационных источников (мкЗв/год) в населенных пунктах зоны ВУРСа.

Таблица 7. Дозы текущего облучения от различных радиационных источников

Населенный пункт	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>		E <sub>5</sub>
				Средне-душевой Показатель эффективной дозы	Критическая группа	
Каслинский район						
Г. Касли	710	7100	560	50	168	8420
С. Багаряк	710	4300	560	60	200	5630
С. Кр.Партизан	710	8100	560	80	100	9450
С. Аллаки	840	21000	560	80	100	2480
Кунашакский район						
Большой Куяш	780	1800	440	140	380	3160
Мусакаево	890	18000	440	90	600	19490
Татарская Караболка	890	18000	440	160	920	19490
Метлино (ОНИС)	780	1720	600	130	350	3230

E<sub>1</sub> – природное внешнее облучение

E<sub>2</sub> – облучение радоном

E<sub>3</sub> – медицинское облучение

E<sub>4</sub> – техногенное облучение за счет проживания на ВУРСе

E<sub>5</sub> – суммарная среднедушевая эффективная доза

Из приводимых данных видно, что природное облучение в указанных аномальных зонах естественной радиоактивности повышенное и составляет большую часть суммарного облучения.

Санитарной службой области также проведены расчеты накопленных доз у жителей более 70 населенных пунктов на территории ВУРСа.

Расчеты выполнялись по методике реконструкции эффективных доз, накопленных за время проживания в зоне ВУРСа, которая была разработана

специалистами ОНИС ПО «Маяк» и УНПЦРМ МЗ РФ. Результаты расчетов показали наличие групп жителей с накопленной эффективной дозой более 7 сЗв и 35 сЗв. Последние могут быть отнесены к контингенту «пострадавшее население».

По анализу материалов радиационного контроля в селениях на территории ВУРСа получение таких доз облучения возможно только за счет поступления стронция-90 и цезия-137 с рационом (Кравцова и др., 1997).

Также в ходе реализации государственной программы РФ по радиационной реабилитации Уральского региона на период до 1995 года рассчитаны годовые эффективные дозы для критических групп населения, проживающего в населенных пунктах на реке Теча, села Худайбердинский и пос. Новогорный без учета вклада плутония. Так, для с. Муслимово она составила 2,6 мЗв/год, с. Нижнепетропавловское – 0,92 мЗв/год, с. Бродокалмак – 0,73 мЗв/год, с. Русская Теча – 0,43 мЗв/год. Годовая эффективная доза у критической группы населения пос. Новогорный и Худайбердинский превысит 1 мЗв (Отчет о выполнении государственной программы РФ по реабилитации Уральского региона и мерах по оказанию помощи пострадавшему населению на период до 1995 года).

В настоящее время центрами Госсанэпиднадзора проводится работа по оценке природного радиационного воздействия (преимущественно радона) в городах Челябинск, Златоуст, Пласт. Эти города также находятся в зонах повышенной естественной радиоактивности.

Эффективная доза облучения, обусловленная радоном (среднедушевые) для этих населенных пунктов составили следующие значения (Комплексный доклад за 1996 год):

Таблица 8. Эффективная доза облучения, обусловленная радоном

Эффективная доза, мЗв/год	0-5	1-5	5
Население, тыс. чел.	85,1	56	29,1

### Какие могут быть сделаны выводы?

- Оценка доз облучения – это возможность количественно оценить радиационное воздействие на человека.
- Методики расчета доз находятся в стадии разработок и совершенствования.
- Расчет доз – достаточно кропотливая работа и требует знания целого ряда данных, в том числе по всему спектру загрязнения.
- Для оценки доз внутреннего облучения чаще всего ограничиваются двумя-тремя радионуклидами: стронцием-90, стронцием-89, цезием-137, считая, что загрязнение другими радиоактивными элементами значительно ниже предельно допустимых концентраций, и их вклад в облучение незначителен (в пределах ошибок расчета).
- Получаемое значение доз по используемым методикам для значительного числа населения превышает допустимые от природных источников и техногенного загрязнения.

- Основные дозовые пределы, установленные для воздействия техногенных и ионизирующих источников, которые используются для сравнения с рассчитанными индивидуальными дозами, являются усредненными и ориентированы на категорию здоровых, устойчивых к радиационному воздействию людей. Однако установлено, что в целом среди человеческого сообщества выделяют типы людей устойчивых, неустойчивых и с переменной устойчивостью к воздействию радиации. Последние 2 типа составляют более половины населения. Поэтому «наряду с концепцией предельно допустимых концентраций и уровней должны учитываться и предельно допустимые отклонения от нормы в функционировании организма» (Плеханов Г.Ф., 1994).

### Литература

1. Абрамова В.Н., Абрамов А.И. А нужна ли нам ядерная энергетика? М., 1992, с.176.
2. Аклеев А.В., Косенко М.М., Силкина Л.А., Дегтева М.О. Клинико-эпидемиологическое обоснование принципов формирования групп повышенного онкологического риска среди облученного населения. Радиация и риск, 1995, вып.5.
3. Бабкин В.В. и др. Отчет о результатах геолого-съемочных работ (планшеты №-41-3-Б, №-40-1-3-В), Челябинск, 1965.
4. Белгородский Е.А. и др. Отчет о результатах геолого-съемочных работ (планшет №-41-15-А), Челябинск, 1966.
5. Бреслер С.Е. Радиоактивные элементы. М., 1957.
6. Булатов В.И. Россия радиоактивная. ЦЭРИС, Новосибирск, 1996.
7. Геологическая карта Урала.
8. Зайнишев А.В., Порецкая Э.И., общая редакция Ю.С. Смирнова. «Бытовые приборы радиационного контроля», Челябинск, 1994.
9. Кравцова Э.М., Колотыгина Н.В., Кравцова О.С., Зайцев Ю.А. Опыт работы санитарной службы области по радиационной обстановке на ВУРСе. Сборник докладов участников общественных слушаний «Радиационные аварии на Южном Урале: уроки и выводы», Челябинск, 1997.
10. Плеханов Г.Ф. Материалы второй международной радиоэкологической конференции. Красноярск, сентябрь 1994.
11. Ральф Грейб. Эффект Петко: влияние малых доз радиации на людей, животных и деревья. М., 1994.
12. «Резонанс». Заключение объединенной экспертной группы по охране окружающей среды экспертной подкомиссии Государственной экспертной комиссии Госплана СССР и постоянной экспертной группы Верховного Совета СССР. Челябинск, 1991.
13. Рихванов Л.П. Общие и региональные проблемы экологии. Томск, 1997.
14. Савельев И.В. Курс общей физики, т.3, М., 1971.
15. Управление по радиационной реабилитации Уральского региона. Отчет о выполнении государственной программы РФ по радиационной реабилитации Уральского региона и мерах по оказанию помощи пострадавшему населению на период до 1995 года. Челябинск, 1996.

16. Федеральные санитарные правила, нормы и гигиенические нормативы. 2.6.1. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Нормы радиационной безопасности. М., 1996.
17. Физический энциклопедический словарь. М., 1984.
18. Фритъоф Капра. Дао физики. С-Петербург, 1994.
19. Челябинский областной комитет по экологии и природопользованию, Челябинский областной государственный экологический фонд. Комплексный доклад о состоянии окружающей природной среды в Челябинской области в 1994 г. Челябинск, 1995.
20. Челябинский областной комитет по экологии и природопользованию, Челябинский областной государственный экологический фонд. Комплексный доклад о состоянии окружающей природной среды в Челябинской области в 1996 г. Челябинск, 1997.
21. Ядерная энциклопедия, М., Благотворительный Фонд Ярошинской, 1996.