

Валерий Сойфер¹, Марина Дегтева²,
 Мира Косенко², Александр Аклеев²,
 Нина Яковлева-Сойфер¹, Геннадий Романов³,
 Вячеслав Кожеуров³

РАДИАЦИОННЫЕ АВАРИИ НА ЮЖНОМ УРАЛЕ (1949-1967 гг.) И ИХ ПОСЛЕДСТВИЯ

Слухи о том, что в 1957 г. в СССР произошла крупномасштабная авария на заводе по производству плутония для военных целей, распространились на Западе давно. Советский агрохимик Ж. Медведев, известный своими публикациями о Т. Лысенко и положении советских ученых, оказавшись на Западе, обобщил эти сведения и опубликовал ряд статей и книгу¹, в которой сообщил, что предположительно в районе Челябинска во второй половине 50-х годов произошел крупный взрыв ядерного оружия, в результате которого от 10^7 до 10^8 кюри радиоактивности (кюри — единица, равная $3.7 \cdot 10^{10}$ распадов в сек.) было выброшено в окружающую среду. Советские представители на Западе активно отвергали эти сообщения, но эмигрировавший в Израиль профессор Л.А.Тумерман в 1976 г. подтвердил верность заявления Медведева об аварии на Урале². Затем Трабалка, Эйман и Ауэрбах опубликовали на-иболее подробный аналитический обзор³, основанный на всех доступных данных, включая данные разведки, и

¹ Лаборатория Молекулярной генетики Университета им. Джорджа Мейсена, Вирджиния, США

² Филнал № 4 Института биофизики Министерства здравоохранения СССР, Челябинск

³ Опытная Научно-Исследовательская Станция Производственного Объединения "Маяк", Челябинск-65, СССР

привели самый обширный список литературы относительно указанной аварии 1957 г. В данном обзоре речь опять шла об одной крупной аварии, явившейся скорее всего результатом взрыва хранилища радиоактивных отходов; назывались приблизительные количества выброшенной радиоактивности (10^5 — 10^6 кюри Sr⁹⁰); площади загрязнения (более 1000 км²); указывалось, что названия почти 30 населенных пунктов исчезли с географических карт СССР после 1957 г. Хотя западные ученые активно интересовались данным вопросом⁴, в СССР до последнего времени Уральская авария держалась в тайне. Однако недавно в СССР были публично подтверждены как сведения о факте аварии, так и об огромном объеме радиоактивного загрязнения⁵. Хотя при этом речь шла в основном об одной аварии, которую стали именовать "Кыштымской" — по имени места, вблизи которого произошел взрыв хранилища радиоактивных отходов, на самом деле на Южном Урале имели место не один, а несколько выбросов радиоактивности в окружающую среду. Эти аварийные выбросы продолжались на протяжении гораздо большего времени, чем могли предполагать ученые на Западе. С другой стороны, многолетняя утайка информации в СССР привела к другому эффекту. Многие журналисты и даже политические деятели стали представлять гипертрофированно картину событий и последствия загрязнения окружающей среды⁶.

Что же на самом деле произошло вблизи Челябинска? Была ли это одна авария или же несколько аварий случилось в данном месте? Какое количество радиоактивности было выброшено в окружающую среду? Какими путями распространялось загрязнение и как много людей пострадало от этих катастроф? В настоящей работе будет впервые дано описание радиационных аварий на Южном Урале и приведены данные наших многолетних исследований уровня загрязнения окружающей среды и медицинских последствий облучения.

История создания плутониевого завода на Южном Урале

Когда в 1945 г. американские ВВС применили атомное оружие в Хиросиме и Нагасаки, в СССР уже велись работы по производству атомных бомб. Естественно, что взрывы американских бомб сильно подтолкнули советское руководство, и усилия в этой области были удесятрены. Когда первая атомная бомба в СССР была испытана, правительство Сталина решило в кратчайший срок перегнать американцев по количеству произведенных бомб; кроме того было принято решение ускорить работы по созданию водородной бомбы. В соответствии с этими задачами в 1948 г. на Южном Урале, примерно в 100 км на северо-запад от Челябинска, начало работать военное предприятие по производству плутония (рис. карта 1). Предприятие состояло из двух главных объектов: уран-графитового реактора канального типа на тепловых нейтронах с прямым проточным водяным охлаждением и радиохимического завода по выделению плутония и урана из облученного в реакторе топлива. После выделения плутония на заводе оставалось большое количество отходов в виде жидкой смеси осколочных радионуклидов с высокой удельной активностью. С момента создания и до недавнего времени на предприятии (ныне называемом производственным объединением [ПО] "Маяк") применяли в разных сочетаниях два основных способа утилизации таких отходов: концентрирование и хранение высокоактивных отходов (ВАО) в специально оборудованных емкостях (так называемых банках С*) и сброс менее активной части отходов в открытые водоемы (в 1949-1950 гг. в Старое болото, в 1949-1956 гг. — в реку Теча и, начиная с 1952 г., — в озеро Карачай). При этом, помимо предусмотренной технологией (как бы "запланированного") загрязнения этих водоемов, произошел ряд непредвиденных (аварийных) ситуаций.

* Технология обращения с ВАО и конструкция "Банок «С»" в общих чертах описаны в работе *Soviet Weapon Material Production. In: Nuclear Weapons Databook, # 3, 1990*

Во-первых, в течение 1950-1951 гг. в реку Теча периодически поступали дополнительные неконтролируемые количества радиоактивных отходов (впоследствии названные "дикими сбросами"). Факт таких сбросов был установлен только осенью 1951 г. "Дикие сбросы" случались при захвате охлаждающими водами части содержимого емкостей — хранилищ ВАО (перелив, протечки, коррозия).

Во-вторых, 29 сентября 1957 г. произошел взрыв одной из емкостей с ВАО (так называемая Кыштымская авария), в результате которой образовался Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС) (рис-карта 2, 6).

В-третьих, в период с 10 апреля по 15 мая 1967 г. в результате ветрового разноса высохшего ила с береговой полосы озера Карачай (открытого водоема-хранилища радиоактивных отходов) образовался так называемый новый след или "след 1967 г."

Помимо этого, в начальный период работы предприятия, из-за отсутствия газоочистных сооружений, в атмосферу поступали радиоактивные благородные газы, радионуклиды йода, плутония и других альфа-излучающих нуклидов (систематический контроль за газо-аэрозольными выбросами на предприятии был начат только в 1958 г.).

Места захоронения радиоактивных отходов

В таблице 1 представлены данные о количестве различных типов захоронений радиоактивных отходов, образовавшихся в результате промышленного производства плутония на ПО "Маяк".

Помимо рассеивания радиоактивных отходов в окружающую среду, значительно большее их количество (около 1 млрд. кюри) депонировано на территории в 50 км² вокруг ПО "Маяк".

Могильники, содержащие отработанное оборудование, загрязненные металлические конструкции и другие твердые отходы, расположены вблизи комбината "Маяк" на площади 30 га. Общая масса твердых отходов составляет

500 тыс. тонн. Из них 25 тыс. тонн — высокоактивные; 300 тыс. тонн — среднеактивные и 150 тыс. тонн — низкоактивные⁷. Последние просто закопаны в траншеях и засыпаны глиной. Только могильники с высокоактивными отходами, заключенные в железобетонные коробки, оборудованы контрольно-измерительными приборами и сигнализацией.

Из документов, представленных специалистами ПО "Маяк" Верховному Совету СССР в 1990 г. (Е.Г.Дрожко и др.) следует, что на территории вблизи предприятия в настоящее время хранится 823 млн Ки ВАО в емкостях-хранилищах (их конструкция более совершенна по сравнению с применявшимися в 50-е годы). Кроме того, 122 млн Ки содержится в открытых бессточных водоемах (озеро Карачай и Старое болото), а 173 тыс. Ки "держит" каскад водоемов в верховьях реки Теча. Вода из этого каскада небольшими порциями поступает в нижележащие участки реки Теча, однако само существование этого каскада несет потенциальную угрозу прорыва и загрязнения большой территории. С другой стороны, в результате фильтрации нуклидов через дно озера Карачай уже произошло загрязнение подземных вод в объеме более 4 млн м³. Так как все водные объекты гидравлически связаны с открытой гидросетью, имеется реальная угроза того, что в конечном итоге значительная часть запасенных радионуклидов поступит в реку Теча.

Жидкие высокоактивные отходы, запасенные в емкостях из нержавеющей стали, составляют более 90% всех радиоактивных отходов, созданных за время работы ПО "Маяк". Они представляют собой максимальную опасность для окружающей среды. Именно с взрывом из-за перегрева одной из емкостей связана авария 1957 г., приведшая к созданию ВУРС⁸.

Наконец, следует сказать о том, что на самом производственном объединении "Маяк" складирован запас чистого плутония в количестве 23 тонн⁹. Необходимо также отметить, что проблема безопасного хранения радиоактивных отходов, накопленных за сорокалетний период работы предприятия, до сих пор не решена.

Радиационные ситуации и аварии, произошедшие в 1949-1967 гг.

Первая радиационная ситуация. Неблагополучная радиационная обстановка на Южном Урале начала складываться в результате сброса больших количеств радиоактивных отходов в реку Теча, берущую начало из озера Иртяш, на берегу которого находится предприятие "Маяк". Поскольку мощное радиационное загрязнение реки Теча не было до сих пор описано, мы уделим этому вопросу особое внимание.

С 1949 по 1956 год в воды реки Теча было сброшено 76 млн м³ жидких радиоактивных отходов общей активностью по бета-излучателям 2,75 млн. Ки. Около 95% от всей активности поступило в реку с марта 1950 г. по ноябрь 1951 г. (среднесуточный сброс в этот период составлял 4.300 Ки/сутки). В отдельные дни сбросы резко возрастали и достигали 100.000 Ки/сутки.

В последующее десятилетие сбросы в реку Теча были резко сокращены, составляя 9,5 тыс. Ки в 1952 г. и от 0,5 до 2 тыс. Ки ежегодно в период с 1953-1956 гг. (рис. 3). В 1956 г. долина реки была перекрыта глухой плотиной, и поступление радиоактивных веществ в нижележащие участки сократилось до уровней приблизительно 0,5 Ки/сутки. Строительство еще одной плотины в 1963 г. практически полностью изолировало гидротехнические объекты предприятия.

Степень радиоактивного загрязнения резко падала по мере удаления от реки. В 100 метрах от уреза воды, в зависимости от рельефа местности, наблюдалось падение радиоактивности на 1-2 порядка величин (рис. 4). Вдоль по реке от места сброса радиоактивных отходов также наблюдалось довольно резкое падение активности (рис. 5), обусловленное тем, что в верховьях реки происходила интенсивная сорбция гамма-излучателей.

В первые годы после загрязнения на берегах Течи находилось 39 населенных пунктов, в основном деревень. Следует подчеркнуть, что этот регион был относительно редко заселен. Деревни отстояли друг от друга на рас-

стоянии нескольких километров (см. рис. 6 и табл. 2). Для жителей этих деревень река Теча была основным, а кое-где единственным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения. Вода реки использовалась для водопоя скота, разведения водоплавающей птицы, полива огородов, рыбной ловли, купания, стирки и т.п. Население, жившее неподалеку от комбината и вдоль рек Теча и Исеть, не было информировано о том, что вода реки несет теперь радиоактивность, и люди по-прежнему использовали воду для питья и хозяйственных целей. В деревнях, отстоящих от реки на несколько километров, питьевую воду получали главным образом из колодцев, и для них риск радиационного поражения был резко уменьшен.

В целом повышенным уровням облучения подверглись 124 тысячи человек. Значимые в отношении возможных медицинских последствий дозы получили 28 тысяч человек. Основная часть дозы у людей сформировалась за счет контакта с рекой в период с 1950 по 1956 годы.

Радиационно-гигиенические обследования загрязненных территорий и состояния здоровья людей были начаты летом 1951 г. группой специалистов под руководством А. П. Александрова. Результаты измерений показали чрезвычайно высокие уровни загрязнения воды и донных отложений в верховьях реки: концентрация радионуклидов в воде Метлинского пруда (на берегу которого находилось ближайшее к месту сброса село Метлино) достигала 10^{-4} Ки/л; мощность дозы на береговой полосе — 5 Р/час; на улицах и в домах — 10-15 мР/час. Более 70% активности, поступившей в реку Теча в 1950-1951 гг., перешло в донные отложения прудов и илистого русла реки на участке протяженностью около 80 км. от места сброса. Позднее на модельных водоемах Н.В. Тимофеев-Ресовский и соавторы показали, что причиной этого являлась значительная сорбция радионуклидов (особенно ^{137}Cs) донными отложениями и биомассой¹⁰.

Облучение людей было комбинированным: внешнее (от загрязненной поймы, воды и др.) плюс внутреннее (главным образом за счет радионуклидов стронция и

цезия, поступивших в организм с речной водой, молоком, рыбой). Методы реконструкции уровней облучения описаны в наших работах¹¹. Средние коллективные дозы внешнего облучения для жителей различных деревень (нормированные по возрастным группам) зависят от расстояния данного населенного пункта вдоль реки от места выброса радиоактивных отходов, как это показано на рис. 6.

Внутреннее облучение определяется в основном количеством поглощенного ^{90}Sr , который накапливается и длительное время удерживается в костных тканях.

Для корректной оценки поглощенных доз внутреннего облучения красного костного мозга необходимо знать динамику накопления и выведения стронция из костной ткани человека на всем временном интервале от начала его поступления в организм. В 50-е—60-е годы не существовало достаточно надежных прижизненных методов измерения содержания стронция в организме человека, поэтому оценки доз были весьма приблизительными. Только в 1974 г. в филиале № 4 Института биофизики Министерства здравоохранения СССР была создана уникальная установка — счетчик излучения тела человека (СИЧ-9.1), который позволил измерять содержание ^{90}Sr в организме¹².

Обследование более 12 тысяч человек показало, что около 1% жителей побережья реки Теча, проживающих в пределах Челябинской области, и через 25-30 лет с момента основного воздействия содержат в организме более 2 мКи ^{90}Sr . Указанное значение является допустимым пределом для профессионалов.

Уровни содержания ^{90}Sr в организме имеют четкую зависимость от возраста: наибольшие значения наблюдаются у людей, подвергшихся воздействию в подростковый и юношеский периоды¹³. Повторные обследования показали, что содержание ^{90}Sr в организме жителей побережья уменьшается со скоростью примерно 2-5% в год. Для восстановления уровней содержания стронция в более ранний период была разработана модель метаболизма этого элемента, учитывающая возрастные осо-

бенности минерального обмена¹⁴. Выполненные с помощью этой модели расчеты показаны на рис. 7. Распределение суммарных доз в организме для жителей разных сел, расположенных вдоль по реке Теча, представлено в табл. 2. Процесс накопления дозы практически завершился через 25 лет от начала радиационного воздействия, причем 80-95% суммарной дозы было получено за первые 10 лет. Вклад внешнего облучения составлял до 60-80% в верховьях и 10-15% в низовьях реки.

Более половины людей (74%) получили дозы менее 0,5 Гр на ККМ. Однако примерно 8% популяции получило дозы, превышающие 1 Гр, и около 1% популяции — более 2 Гр. Верхняя граница диапазона индивидуальных доз оценивается как 3-4 Гр.

В 1953 г. было начато переселение жителей села Метлино, находящегося в наиболее неблагоприятных условиях, однако все жители этого села (1,2 тыс. человек) были вывезены только к 1956 г. В период 1955-1960 гг. жители еще девятнадцати населенных пунктов (6,3 тыс. человек) были переселены в местность, удаленную от реки. В эти же сроки проводились и другие защитные мероприятия: бурение колодцев и артезианских скважин в населенных пунктах, введение запрета на использование реки для всех хозяйственных и питьевых нужд, изъятие из землепользования наиболее загрязненной части поймы.

Вторая радиационная ситуация — взрыв хранилища отходов. Значительная часть высокоактивных жидких радиоактивных отходов сливалась в специально построенные емкости-хранилища из нержавеющей стали, установленные в железобетонных каньонах. 29 сентября 1957 г. одна из таких емкостей взорвалась из-за перегрева, и около 20 млн кюри радиоактивных соединений было выброшено в окружающую среду. Около 18 млн. Ки радиоактивности осело вблизи хранилища, а 2 млн Ки были разнесены по площади в 23 тыс. км² с плотностью загрязнения более 0,1 кюри/км² по стронцию-90¹⁵. Территория, подвергшаяся радиоактивному загрязнению, была названа Восточно-Уральским Радиационным Следом (ВУРС) (рис. 2) и захватила территорию Челябинской,

Свердловской и Тюменской областей. В зоне следа оказалось 217 сел и деревень с общим количеством населения, равным 272 тысячам человек¹⁶. Территория с плотностью загрязнения более 2 Ки/км² по стронцию-90 составила 1000 км², более 10 Ки/км² — 400 км², а с плотностью более 100 Ки/км² — 117 км². После формирования Восточно-Уральского Радиоактивного Следа из наиболее загрязненных районов Челябинской области — Каслинского, Кунашакского и Аргаяшского — было переселено 10,2 тысяч человек. Переселение не было одновременным, а растянулось на срок более двух лет. Жители трех населенных пунктов — Бердяниш, Сатлыково и Галикаево были отселены срочно, однако за 7-10 дней, прошедших до их отселения, они получили в среднем дозу 0,57 Зв. 2280 человек, отселенных спустя 250 дней после аварии, получили около 0,17 Зв, и у 7300 человек, проживавших на территории следа от 330 до 770 дней — эффективная эквивалентная доза (ЭЭД) была равна примерно 6 сЗв.

Уровни облучения населения при второй аварии (чаще упоминающейся в русской литературе как Кыштымская авария) подробно обсуждались в работах Г.Н. Романова и соавторов¹⁷. В таблице 3 представлены суммарные данные о второй аварии.

Третья радиационная ситуация. Весной 1967 г. с береговой полосы постепенно усыхавшего озера Карачай были унесены ветром пылеватые частицы радиоактивных веществ. Это озеро использовалось для слива жидких радиоактивных отходов ПО "Маяк". Из-за постепенного обмеления озера его берега, состоявшие из ила, адсорбировавшего на себе радиоактивность, обнажились. Ветром было унесено около 600 Ки радиоактивных веществ. В составе выпадений содержались в основном цезий-137 и стронций-90, которые расселись на территории около 2700 км², отстоявшей от озера Карачай на 50-75 км. В загрязненной зоне на этот раз оказалось 63 населенных пункта с общим числом жителей 41,5 тыс. человек¹⁸.

Загрязнение в основном наложилось на уже существовавший ВУРС. В составе выпадений содержались главным образом цезий-137 и стронций-90. Радиаци-

онное воздействие на население определялось преимущественно внешним излучением от почвы и в гораздо меньшей степени поступлением радиоактивных веществ по пищевой цепочке (в основном с молоком). Доза внешнего облучения 4800 жителей ближайшей зоны следа составила 13 мЗв. Для жителей дальней зоны (36,7 тыс. человек) она была близкой к 7 мЗв. В целом эффективные эквивалентные дозы, полученные в результате аварии 1967 г., не превышали 2-4 мЗв¹⁹.

В табл. 4 представлены в огрубленном виде основные параметры трех основных радиационных ситуаций, возникших в результате работы ПО "Маяк", производившего военный плутоний на Южном Урале.

Кроме этих крупных аварий на ПО "Маяк" случались более мелкие утечки радиоактивности, повлиявшие на загрязнение окружающей среды. Согласно отчету экспертов Верховного Совета СССР, получивших доступ к многолетним отчетам ПО "Маяк", отчетам и справкам филиалов № 1 и 4 ИБФ МЗ СССР, имели место неоднократные плановые выбросы радиоактивности в реку Теча и окружающую среду²⁰, а «всего, начиная с 1949 г., в окружающую среду в результате деятельности ПО "Маяк" выведено не менее 150 млн Ки радиоактивных веществ. Суммарная площадь поверхностных загрязнений составила около 26 700 км²»²¹.

Результаты медицинского обследования облученного населения

Число пострадавших. В связи с функционированием в течение 40 лет ПО "Маяк" и радиоактивным загрязнением обширных территорий разные группы населения получили повышенные дозы облучения.

Прежде всего к ним относятся работники самого "Маяка". В течение длительного времени не было опубликовано никакой информации ни о численности этой группы, ни о дозах, полученных в данном случае, и последствиях облучения. Лишь в 1990 г. первые сведения были опубликованы в СССР²². К сожалению, данные,

сообщенные разными авторами, не совпадают. Столь же приблизительным был пересчет советских оценок, сделанный гарвардскими специалистами²³. Можно полагать, что около 10 тысяч сотрудников предприятия получили в первые годы его работы значительные дозы внешнего облучения. Наиболее сильное облучение происходило в 1948-1952 гг. В 1949 г. суммарная годовая доза составляла 93,6 бэр в год. В результате около 1500 сотрудников заболело хронической лучевой болезнью (см. о ней ниже). По требованию властей было запрещено сообщать диагноз "хроническая лучевая болезнь" пострадавшим, однако в медицинских записях точный диагноз проставлялся в зашифрованном виде, и это позволило нам восстановить цифры числа пострадавших от этого заболевания.

Облучению подверглись и жители города, построенного специально для работников предприятия "Маяк", города, ранее называвшегося Челябинск-40, а сейчас называемого Челябинск-65. Население этого города составило около 40.000²⁴. По данным, сообщенным в 1991 г. представителями "Маяка" комиссии президента СССР, это население не подвергалось облучению в результате перечисленных выше аварий, но в то же время в некоторые годы получало дозы, превышающие допустимый уровень облучения для населения при так называемой регламентной работе предприятия. Каким же был такой регламент, который позволял облучать население, понять невозможно.

Третьей категорией людей, по всей вероятности подвергшихся значительным дозам облучения, были участники бригад по ликвидации последствий описанных выше аварий. Как уже упоминалось, при Кыштымской аварии в атмосферу было выброшено 20 млн кюри, из которых 18 млн кюри осело в непосредственной близости от взорвавшейся емкости. Эту загрязненную зону подвергли дезактивации. Точное число участников этой операции (по-видимому, заключенные из Лагпункта-10, военнослужащие срочной службы, сотрудники милиции, жители близлежащих деревень и др.) вряд ли удастся восстановить. В СССР

устно высказывались осторожные оценки численности этой группы, равные 20 тысячам человек²³.

Наконец, отдельную группу составляет население, проживавшее на территории, которая подверглась радиоактивному загрязнению в результате описанных трех аварий. Эта группа наиболее велика по численности и составляет 124 тысячи человек в Челябинской и Курганской областях от первой, 272 тысячи человек в Челябинской и Свердловской областях от второй и 40 тысяч человек в Челябинской области от третьей аварии.

Результаты медицинского обследования пострадавших. Медицинские обследования проводились, во-первых, через несколько лет после случившихся аварий, во-вторых, не на самом лучшем оборудовании и, в-третьих, недостаточно большим количеством врачей и медицинского персонала. К тому же эти обследования были всегда под жестким контролем правительственных органов, запрещавших, например, сообщать пострадавшим истинный диагноз. Так, в частности, было запрещено доводить до сведения тех, кто получил лучевую болезнь, что они ею страдают. Результаты, представленные здесь, отражают героические усилия группы медиков, старавшихся сделать что только можно для помощи пострадавшим. Однако если исследования проводились с нарушением принятых в мире норм, то и реальность данных и методы получения радиобиологических оценок, с учетом закрытости данных и секретности как самих работ по производству плутония, так и последствий производственных аварий, создавали конгломерат предпосылок и выводов, ставивший под сомнение многие из этих выводов. В результате мы не можем высказаться определенно о статистической значимости данных в отношении индукции малыми дозами облучения опухолей и мутаций. Возможно, что будущие и более детальные исследования дадут больше информации по этому вопросу. Следует ожидать, кстати, что именно в этом направлении международное сотрудничество ученых, которые согласятся взять на себя труд по анализу максимального количества данных и по их на-

илучшей интерпретации, позволят найти выход из сложившейся почти тупиковой ситуации. Именно здесь надлежит применить современные методы молекулярно-биологических исследований с целью изучения первичных повреждений нуклеотидов в генетическом аппарате как самих жертв аварий, так и их потомков.

Организация медицинского обследования пострадавших. Первые медицинские обследования облучившегося населения были проведены летом 1951 г., то есть только через 2 года после начала сброса радиоактивных отходов в реку Теча. Выездные бригады, в состав которых входили специалисты Московского Института биофизики и врачи, обслуживающие профессиональных работников ПО "Маяк", провели осмотр около 500 человек — жителей села Метлино. В 1952 г. были осмотрены жители села Муслимово. Обследование жителей других сел началось в 1953-1955 гг. В 1955 г. были созданы два так называемых спецдиспансера в Челябинске и Шадринске Курганской области. Каждый диспансер располагал 20 койками. В их задачи входило обследование и лечение населения, облучившегося в селах, расположенных по берегу реки Теча.

Авария 1957 г. привела к значительному увеличению числа облученных, которые нуждались в медицинской помощи. Однако из-за недостатка средств значительная часть пострадавших осталась необследованной. В 1962 г. спецдиспансер в г. Шадринске был закрыт, а на базе диспансера в г. Челябинске был создан специальный центр, называемый с начала 70-х годов Филиалом № 4 Института биофизики с клиническим отделением на 50 коек. В это время около полумиллиона людей нуждалось в срочном обследовании и специализированной помощи. Медицинская помощь работникам, непосредственно занятым на предприятии "Маяк", оказывалась и оказывается в специализированной медсанчасти № 71, расположенной в городе Челябинск-65, а для изучения последствий профессионального облучения с начала 50-х годов функционирует Филиал № 1 Института биофизики.

Регистр облученного населения. Под регистром облу-

чения понимают перечень всех облучившихся, персональных сведений о них, указание на место контакта с радиоактивными веществами, продолжительность этого контакта, полученной дозы, а также информацию о результатах медицинских обследований. Регистр населения, облученного в результате аварии 1949-1952 и 1957 гг., в то время не был сформирован. Предварительный анализ всех трех радиационных аварий показал, что наиболее тяжелые последствия для населения связаны со сбросом радиоактивных отходов в реку Теча. Однако работа по составлению регистра тех, кто жил вдоль реки Теча, столкнулась с рядом затруднений. Прежде всего это касалось тех 7500 жителей, которые были переселены из этих мест. Эти люди были рассредоточены по стране, а организации, занимавшиеся переселением, не предоставили списков людей для включения их в регистр облученных. В настоящее время регистр жителей прибрежных населенных пунктов содержит медицинскую информацию о 66 тыс. человек. Регистр включает самих облученных и их потомство.

Регистр облученных в результате Кыштымской аварии 1957 г. начали создавать в 1989 г. после снятия грифов секретности с информации об этом. К настоящему времени удалось собрать информацию о 9 тысячах людей, получивших наибольшую дозу. Интересно, что этот регистр в значительной мере содержит данные о переселенных с ВУРСа.

Как указывалось, в результате третьей аварии около 40 тысяч человек получили облучение. Однако дозы были гораздо меньше (не превышали 3 мЗв), и было признано нецелесообразным создавать регистр для пострадавших в результате данной аварии.

Объем выборок, исследованных для выявления разных заболеваний, анализа смертности и отдаленных в поколениях эффектов, представлен в таблице 5.

Хроническая лучевая болезнь (ХЛБ). Понятие хроническая лучевая болезнь и ее классификация были предложены советскими исследователями²⁸ в 50-е годы. На Западе такая нозологическая группа не выделялась. По-ви-

димому, на Южном Урале, где в течение двух или трех лет население, не будучи оповещено о радиоактивном загрязнении реки, продолжало контактировать с источниками излучения, впервые были зарегистрированы случаи ХЛБ не только среди профессиональных работников²⁷, но и среди населения. Уже первые осмотры населения, облучившегося в верховьях реки Теча, показали, что у некоторых жителей была обнаружена ХЛБ (симптомокомплекс поражений гемопоза, повреждений системы организмов — нервной, сердечно-сосудистой, пищеварительной, иммунного статуса). Всего по архивным данным было диагностировано 935 случаев ХЛБ (613 у женщин, 322 у мужчин; у детей обоего пола от 5 до 14 лет — 96 случаев). В связи с тем, что первые осмотры населения были осуществлены через 3-6 лет после выброса больших доз радиоактивности в реку Теча, это число не может быть точным. В то же время не все случаи ХЛБ были обоснованы: возможно, что за ХЛБ иногда принимали проявления общесоматических заболеваний, чаще всего бруцеллеза, который был распространен в этом регионе. Случаев лучевой болезни после аварии 1957 г. зарегистрировано не было.

В период формирования лучевой болезни уменьшалось количество лейкоцитов, преимущественно за счет нейтрофилов; наблюдалась умеренная анемия и тромбоцитопения; у половины лиц было зарегистрировано нарушение нейрососудистой регуляции (нейрососудистая дистония гипотонического типа), а у трети обследуемых — микросимптомы органического поражения нервной системы с преимущественным нарушением двигательной-рефлекторной сферы и остеоалгический синдром. По мере снижения мощности дозы облучения и при менее интенсивном, чем в первые годы, нарастании суммарных поглощенных доз, наблюдалась регенерация кроветворения, которая шла быстрее, чем нормализация нервной системы. Среди пациентов с ХЛБ была отмечена более высокая смертность от опухолевых процессов, чем в контрольной группе лиц того же возраста. Отдаленный период характеризовался восстановлением

здоровья пациентов, и спустя 30 лет после облучения ни у одного из обследованных больных, оставшихся в живых, картины ХЛБ выявить уже не удалось.

Анализ форменного состава крови. У части облучившихся на реке Теча и у части тех, кто был облучен после Кыштымской аварии, комплекс всех симптомов, присущих лучевой болезни, отмечен не был, однако были зарегистрированы отклонения в составе периферической крови, изменения неврологического и иммунного статуса. Так, у обследованных жителей села Метлино средние значения числа тромбоцитов, лейкоцитов и нейтрофилов оказались существенно сниженными в первые три года после начала наблюдения. Гистограммы распределения этих показателей крови выявили асимметрию вариационных кривых. Максимумы кривых были сдвинуты влево по сравнению с референтными показателями. Для лейкоцитов максимумы переместились в область от 4 до $5 \cdot 10^9/\text{л}$; для тромбоцитов — от 150 до $200 \cdot 10^9/\text{л}$.

В более поздний период (с пятого по десятый годы после начала радиационного воздействия) наблюдается статистически достоверное уменьшение с дозой нейтрофилов и тромбоцитов. Для лейкоцитов и лимфоцитов такая зависимость обнаружена не была. В более поздние сроки после облучения (с восьмого по десятый годы) снижение показателей у лиц, получивших высокие дозы (более 0.8 Зв), сохранилось только для нейтрофилов.

Неврологические изменения. В первые 4-8 лет после облучения были отмечены изменения неврологического статуса (астенический синдром, синдром вегетативной дисфункции, остеоалгический синдром и синдром микроорганического поражения нервной системы), которые были особенно резко выражены для группы жителей, получивших 1.22 Зв на все тело. Через 14 лет статистически значимое превышение по сравнению с контрольной группой сохранилось только в проявлении синдрома вегетативной дисфункции. Остальные изученные показатели практически вернулись к норме.

Иммунный статус. Изменения в иммунном статусе в первые годы после начала облучения характеризовались

сниженной антиинфекционной резистентностью, а позже признаками аутоаллергизации. Пороговая доза для эффекта, видимо, близка к дозе, вызывающей угнетение гомопоэза.

Динамика возникновения злокачественных новообразований. Динамика возникновения злокачественных новообразований изучалась в течение 32 лет, прошедших с момента первой радиационной аварии. В исследование было вовлечено 16900 человек, проживавших в прибрежных пунктах реки Теча. За 32 года было зарегистрировано 37 случаев лейкозов, что существенно превышало стандартизированные по возрасту показатели контрольной популяции. Максимальное превышение числа лейкозов было отмечено в период от 15 до 19 лет после первой аварии. Исследована зависимость этой частоты от дозы облучения красного костного мозга (таблица 6).

Наибольшие уровни доз наблюдались в клетках костных поверхностей (КП), однако по способности давать начало злокачественным опухолям эти клетки более устойчивы по сравнению с красным костным мозгом (ККМ). Коэффициент радиационного риска для клеток КП в четыре раза ниже, чем для ККМ, а отношение соответствующих доз по табл. 2 составляет 1,4-2,4 (в зависимости от вклада внутреннего облучения). Эти данные показывают, что критическим органом в отношении возможных медицинских последствий облучения людей, проживавших вдоль реки Теча, являлся красный костный мозг.

Итоги сопоставления клинических проявлений лейкозов у облучившихся и необлучившихся людей позволили прийти к следующим заключениям:

◆ отсутствуют какие-либо специфические клинические или морфологические признаки, свойственные радиационному лейкозу;

◆ радиационный лейкозогенез частично обусловлен нарушением активности репарационных процессов, поскольку у облучившихся людей развитию лейкоза в большинстве случаев предшествовала более или менее выраженная депрессия кроветворения;

◆ у больных лейкозами, подвергнувшихся ранее облу-

чению, обнаружено, что частота синхронного возникновения нескольких опухолей увеличена.

Анализ смертности облучившегося населения. За период 32-летнего наблюдения от всех причин умерло 8015 человек. В таблице 7 приведены результаты анализа смертности. Коэффициенты смертности оценены для 6 подгрупп, получивших различные дозы. В свою очередь, подгруппы объединены в три группы. Для каждой из них использованы три контрольные группы, каждая из которых выбиралась в соответствии с этническим составом, миграционными процессами и социальным уровнем, характерным для каждой из обследованных групп.

В целом статистически значимое увеличение смертности от всех причин обнаружено только в тех случаях, когда эффективная эквивалентная доза составила 140 сЗв и 52 сЗв. В остальных случаях существенных различий в общей смертности облученных и контрольных групп обнаружено не было. Однако предстоит еще провести детальное исследование причин смертности между облученными и различий, проявляющихся в разной частоте смертности от различных новообразований.

Состояние потомства облученного населения.

Сравнение показателей рождаемости и плодовитости у облученных и контрольных контингентов позволило установить, что те уровни облучения гонад, которые имели место (от 0.03 до 1 Зв) не оказали отрицательного влияния на деторождение. Частота спонтанных аборт и внематочных беременностей в отношении 3672 беременностей и зависимость этого процесса от уровня облучения гонад представлены в таблице 8.

Статистически достоверных различий между облучившимися и контрольной группой не найдено. Также отсутствует связь между частотой спонтанных абортов и дозой облучения. Информация, полученная об исходах беременности из историй родов и карт новорожденных, дала примерно такую же частоту спонтанных абортов (4,5% среди облучившихся и 3% среди контрольной группы).

Различия между облученными и контрольными группами не обнаружены также. Не найдено и увеличения частоты мертворождений среди облученного контингента (2,85%) при сопоставлении с контролем (2,73%). Отметим, что приведенные данные являются усредненными. Накопленные в нашем клиническом отделении разнообразные данные, в особенности в отношении разных возрастных групп, нуждаются в дальнейшем изучении и анализе.

Смертность у потомства облученных от врожденных пороков. Другим важным показателем, характеризующим состояние потомства, является коэффициент смертности от врожденных пороков развития (таблица 9). Смертность от врожденных пороков развития составила $2,8 \cdot 10^{-3}$ в группе, где родители получили дозу, равную 0,11 Зв в пересчете на гонады. Однако из-за плохого диагностирования этих пороков в 50—60-е годы (что было связано с запретом на медико-генетические исследования в СССР) вряд ли приведенные в таблице цифры достаточно адекватно отражают реальную картину. Несомненно этот вопрос нуждается в более точном исследовании.

Заключение

В настоящем сообщении впервые описаны все три крупные ядерные аварии 1949-1967 гг. на Южном Урале и обобщены результаты многолетних наблюдений за последствиями этих аварий. В результате этих аварий огромные территории Челябинской, Свердловской и Курганской областей были загрязнены долгоживущими изотопами. Описано распределение доз у населения, появление хронической лучевой болезни у тех, кто получил максимальные дозы внешнего и внутреннего облучения, рассмотрены медицинские последствия облучения как самих облученных, так и их потомков в первом поколении.

Мы хотим указать, однако, на то, что многие актуальные вопросы тем не менее остаются нерешенными.

Так, за сорок лет исследования последствий аварий накоплен огромный, по-видимому, не сравнимый по

многим параметрам с Хиросимскими и Чернобыльскими данными материал. Однако компьютерный банк всех собранных данных до сих пор не создан, а без этого невозможен анализ уникального материала на современном уровне, и поэтому первоочередной задачей будущих работ является завершение формирования такого банка.

Отличительной чертой челябинских ситуаций является длительный и комбинированный характер радиационных воздействий от главным образом долгоживущих радионуклидов. К сожалению, в первые годы после аварии не была налажена дозиметрия излучения, адекватная сегодняшним задачам изучения биологических и медицинских последствий аварий. Поэтому необходимо, пока это еще возможно и пока более 14 тысяч жертв первоначального облучения живы, постараться наиболее точно восстановить дозы.

Ограниченность методических возможностей клинических исследований, существовавших в 50-е--70-е годы, не позволили выяснить механизмы патологических изменений организмов в ответ на облучение. Расширение спектра методик и изменение подходов к пониманию патологии нормального и поврежденного радиацией организмов ставят сегодня новые задачи перед исследованием подобного рода.

Поскольку на протяжении нескольких десятилетий неотселенные жители деревень вдоль реки Теча получали небольшое, но постоянно действующее облучение, представляется возможным наиболее точно определить действие малых доз облучения на организм человека. Проблема малых доз давно служит предметом дискуссий в среде радиобиологов и радиозкологов, и нам представляется, что именно на материале южно-уральских аварий ее можно было бы изучить наиболее полно.

Столь же дискуссионным является вопрос о роли накопленного организмом радиоактивного стронция-90, и этот вопрос также может быть достаточно хорошо изучен на материале, собранном на Южном Урале.

Актуальной задачей сегодняшнего дня является задача выяснения радиационного риска. Многие ис-

следователи осознают неточность имеющихся норм радиационного риска, поскольку они базировались на данных, полученных после изучения бомбардировки Хиросимы и Нагасаки. Однако там имели место острые дозы, а при хроническом пролонгированном облучении могут быть получены иные значения. Исходя из этого, представляется важным использовать материалы исследования аварий на Южном Урале для прояснения данной проблемы.

Радиационные аварии на плутониевом комбинате "Маяк" привели к загрязнению окружающей среды радиоактивными соединениями, среди которых значительную долю заняли соединения долго живущих изотопов. Это послужило причиной длительного облучения большой доли населения, проживающего вдоль акватории реки Теча и ряда прилегающих территорий. Однако неблагоприятное воздействие на здоровье населения могли оказывать не только радиоактивные загрязнения. Уникальность сегодняшней ситуации, в особенности в Челябинской области, состоит не только в том, что объемы радиационного загрязнения и количество радиоактивных отходов, заложенных на хранение вокруг предприятия "Маяк", превышают по размеру все известные количества в мире, взятые вместе. Уникальность проблемы заключается еще и в том, что только в районе Челябинска населенно было оставлено на десятилетия без оповещения о грозящей им опасности. Только здесь можно проследить действие радиации не на одно, а на несколько поколений. Кроме того, хроническое поражение за счет внешнего облучения сочетается здесь с действием инкорпорированных долгоживущих радионуклидов, проявлявших свое влияние на геном человека в течение почти четырех десятилетий. Такого плацдарма для исследователей, к счастью, в мире больше не имеется.

Надо указать также на то обстоятельство, что такого диапазона доз не было нигде в мире. Отсюда ясна задача детального исследования как ответа организма в целом на столь мощные воздействия, так и в особенности структуры генома. Несомненно, ближайшей задачей будет изучение именно этого вопроса.

С другой стороны, картина поражения человеческого организма радиацией накладывается здесь на действие иного мощного мутагенного фактора — химического, ибо вокруг Челябинска за последние 30 лет создана мощная химическая промышленность. Представляется важным развить методы, которые бы позволили различить действие обоих факторов на геном человека и изучить природу комбинированного действия этих факторов на него.

Исследования как причин, так и последствий радиационных аварий на Южном Урале исключительно важно не только для Советского Союза, но и для человечества в целом. Тяжелое наследство неразумного отношения к окружающей среде нами практически не рассматривалось в данной статье, хотя накопленные результаты исследования растительного и животного мира крайне важны и должны быть незамедлительно опубликованы. Полученные данные в их совокупности важны прежде всего для стран, развивающих ядерную энергетику и решающих проблемы риска для населения и окружающей среды в случае утечки радиоактивности или возможности аварий на силовых установках. Ведь радиационные аварии имеют многие общие черты, и полученные нами данные могут быть полезными для большинства случаев аварий. Полученные данные уникальны для пересмотра нижних и верхних пределов действия доз радиоактивности на организм человека.

Наконец, главная задача, стоящая сейчас перед медиками в СССР — это создать эффективные методы лечения больных, пострадавших в результате радиационных аварий на Южном Урале. Специфической чертой советской действительности сегодня является то, что в стране нет средств для проведения такого лечения.

ПРИМЕЧАНИЯ

- ¹ Zh. Medvedev. Nuclear Disaster in the Urals. Norton, NY, 1979.
- ² L. Tumerman. Quoted in W.E. Farrell. Ex-Soviet Scientist, Now in Israel, Tells on Nuclear Disaster. "New York Times", Dec. 9, 1976, p.8
- ³ Trabalka J.R., Eyman L.D., Auerbach S.J. Analysis of the 1957-1958 Soviet Nuclear Accident. "Science", 1980.
- ⁴ Soviet Weapon Materials Production. In: Nuclear Weapons Databook, # 3, 1990, pp. 9-28 and Trabalka J.R. and Auerbach S.I. A Western Perspective of the 1957 Soviet Nuclear Accident (preprint).
- ⁵ Рябев Л.Д. Выступление на заседании Верховного Совета СССР 3 июля 1989 г. Газета "Челябинский рабочий", 6 июля 1989 г. и А.В.Аклеев, П.В.Голощапов, М.О.Дегтева, М. М. Косенко, В.А.Костюченко, П.М.Малкин, Р.И.Погодин, Г.Н.Романов, В.Л.Шведов. Радиоактивное загрязнение окружающей среды в регионе Южного Урала и его влияние на здоровье населения. Москва, ЦНИИАтомнформ, 1991, 63 стр.
- ⁶ Андрей Бороденков. Предтеча Чернобыля. "Московские новости", 12 мая 1991 г. и А. Пенягин (ред.). Резонанс. Челябинск, Южно-Уральское книжное издательство, 1991, 55 стр.
- ⁷ См. А. Пенягин (ред.). Резонанс. Челябинск, Южно-Уральское книжное издательство, 1991, стр. 24.
- ⁸ Б.В.Никипелов, Е.Г.Дрожко, Г.Н.Романов и др. Кыштымская авария крупным планом. Природа, 1990, №5, стр. 47-75 и Б.В.Никипелов, Г.Н.Романов, Л.А.Булдаков и др. Радиационная авария на Южном Урале в 1957 г. Атомная энергия, 1989, т. 6-7, вып. 2, стр. 74-80.
- ⁹ Андрей Бороденков. Предтеча Чернобыля. "Московские новости", 12 мая 1991 г.

10 Н.В. Тимофеев-Ресовский (ред.). Сборник работ лаборатории биофизики УФАИ СССР, Свердловск, 1958.

11 М.О. Дегтева, В.П. Кожеуров. Влияние возраста на уровни облучения при поступлении радиостронция в организм человека. М., ЦНИИАтоминформ, 1989 и М.О. Дегтева, В.П. Кожеуров, М.И. Воробьева. Реконструкция доз у населения, облучившегося вследствие сбросов радиоактивных отходов в реку Теча на Южном Урале. Атомная энергия, 1991 (в печати).

12 Ю.С. Белле, А.Н. Ковтун, В.И. Кожеуров и др. Спектрометр (СИЧ 9.1) человека, позволяющий измерять низкие содержания инкорпорированного стронция-90. Мед. радиология, 1975, т. 20, № 6, стр. 52-58.

13 М.О. Дегтева, В.П. Кожеуров. Влияние возраста на уровни облучения при поступлении радиостронция в организм человека. М., ЦНИИАтоминформ, 1989.

14 М.О. Дегтева, В.И. Кожеуров. Математическая модель для прогноза содержания стронция в кости человека в зависимости от возраста: Радиобиологический эксперимент и человек. М., ЦНИИАтоминформ, 1986.

15 А. Пенягин (ред.). Резонанс. Челябинск, Южно-Уральское книжное издательство, 1991, стр.23-24.

16 Андрей Бороденков. Предтеча Чернобыля. "Московские новости", 12 мая 1991 г. и А.В. Аклеев, П.В. Голошапов, М.О. Дегтева, М. М. Косенко, В.А. Костюченко, П.М. Малкин, Р.И. Погодин, Г.Н. Романов, В.Л. Шведов. Радиоактивное загрязнение окружающей среды в регионе Южного Урала и его влияние на здоровье населения. Москва, ЦНИИАтоминформ, 1991, 63 стр.

17 Г.Н. Романов, Л.А. Булдаков и В.Л. Шведов. Облучение населения и медицинские последствия облучения. Природа, 1990. № 5 и Г.Н. Романов и Ф.С. Воронов. Радиационная ситуация после взрыва. Природа, 1990, № 5.

18 А.В. Аклеев, П.В. Голошапов, М.О. Дегтева, М. М. Косенко, В.А. Костюченко, П.М. Малкин, Р.И. Погодин, Г.Н. Романов, В.Л. Шведов. Радиоактивное загрязнение окружающей среды в регионе Южного Урала и его влияние на здоровье населения. Москва, ЦНИИАтоминформ, 1991, 63 стр.

19 Г.Н. Романов, Л.А. Булдаков и В.Л. Шведов. Облучение населения и медицинские последствия облучения. Природа, 1990. № 5.

20 См. А. Пенягин (ред.). Резонанс. Челябинск, Южно-Уральское книжное издательство, 1991, стр. 23-24.

21 Там же, стр. 24.

22 Б.В. Никипелов, А.Ф. Лызлов, Н.А. Кошурникова. Природа, 1990, 2, стр. 30-38; А. Пенягин (ред.). Резонанс. Челябинск, Южно-Уральское книжное издательство, 1991, 55 стр. и Н.А. Кошурникова. Устное сообщение на семинаре в Японии, 1991.

23 A. Shlyakhter, R. Wilson. "Nature", 350, 1991, p.25.

24 Soviet Weapon Materials Production. In: Nuclear Weapons Databook, # 3, 1990, pp. 9-28 and Trabalka J.R. and Auerbach S.I. A Western Perspective of the 1957 Soviet Nuclear Accident (preprint).

25 Там же.

26 А.К. Гуськова, Г.Д. Бойсоголов. Медицинская радиология, 1975.

27 Б.В. Никипелов, А.Ф. Лызлов, Н.А. Кошурникова. Природа, 1990, 2, стр. 30-38.

Таблица 1

Состав различных типов захоронений радиоактивных отходов п/о Маяк

Тип отходов	Характер захоронения	Количество или объем	Захороненная радиоактивность
Твердые	Могильники, содержащие отработанное оборудование	200, из них 25 - действующие	около 2 млн Ки
Жидкие	<i>высокого уровня (выше 1 Ки/л)</i>		
	Емкости из нержавеющей стали, установленные в железобетонных каньонах с металлической облицовкой	около 12 (в 62 танках разного объема)	674 млн Ки
	Хранилища из нержавеющей стали на бетонном поддоне	20, объем каждого около 1,2 тыс м ³	149-153 млн Ки
	<i>среднего уровня (от 1 Ки/л до 10³ Ки/л)</i>		
	озеро Карачай	0,4 млн м ³	120 млн Ки
	Старое болото	0,3 млн м ³	2 млн. Ки
	<i>низкоактивные (менее 10⁻³ Ки/л)</i>		
	искусственные водоемы-накопители	4 водоема (?), объем 380 млн м ³	0.2 млн Ки

Таблица 2

Средние значения поглощенных доз на органы и эффективных эквивалентных доз для жителей ряда прибрежных населенных пунктов по р.жс Тс'чд

Название пункта	Число жителей на период облучения	Расстояние от места сброса, км	Поглощенная доза, 10 ⁻² Гр			Эффективная эквивалентная доза* x 10 ⁻² Зв		
			Красный костный мозг	Верхний отдел толстой кишки	Нижний отдел толстой кишки		Прочие органы и ткани	
Мстлино	1242	7	164	226	133	146	127	140
Теча Брод	75	18	127	148	117	121	115	119
Асаново	892	27	127	190	97	110	90	100
Надырово	184	48	95	180	53	70	44	56
Муслюмово	3230	78	61	143	21	37	12	24
Бродокалмак	4102	109	14	31	5.2	8.7	3.2	5.8
Русская Тс'чд	1472	138	22	53	7.1	13	3.7	8.2
Н.Пестропавловка	919	152	28	68	8.7	17	4.7	10
Шутиха	1109	202	8.0	18	3.2	5.2	2.2	3.6
Затс'чд	1135	237	17	40	5.7	11	3.2	6.6

* Эффективная эквивалентная доза численно равна дозе равномерного облучения организма, при воздействии которой ожидается такое количество отдаленных эффектов, как и при имевшем место неравномерном облучении.

Таблица 3

Дозы облучения населения в результате Кыштымской аварии и динамика эвакуации населения

Выделенные группы	Число отселенных людей тыс. чел.	Средняя плотность загрязнения, Ки/км ²	Сроки эвакуации, сутки	Средняя поглощенная доза $\times 10^{-2}$ Гр		Эффективная эквивалентная доза $\times 10^{-2}$ Зв
				Внешнее облучение	Внутреннее облучение	
А	1.15	500	7 - 10	17	150	52
Б	0.28	65	250	14	98	44
В	2.0	18	250	3.9	27	12
Г	4.2	8.9	330	1.9	13	5.6
Д	3.1	3.3	670	0.68	5.4	2.3

Таблица 4

Основные параметры радиационных ситуаций на Южном Урале

Параметры	Река Теча	Кыштымская авария и формирование ВУРС	Встроял авария с берегов озера Карачай и формирование пологого следа
Время происшествия	1949-1956 ¹⁾	1957	1967
Выброшенная активность, Ки	3·10 ⁶	2·10 ⁷	6·10 ²
Путь загрязнения	водный	воздушный	воздушный
Радионуклидный состав выброса, % ²⁾	⁸⁹ Sr и ⁹⁰ Sr, (21%); ¹³⁷ Cs (12%); ⁹⁵ Zr и ⁹⁵ Nb (14%); ¹⁰³ Ru и ¹⁰⁶ Ru (26%); редкоземельные элементы (27%)	⁹⁰ Sr (5%); ⁹⁵ Zr и ⁹⁵ Nb (25%); ¹⁰⁶ Ru (4%); ¹⁴⁴ Ce (66%)	⁹⁰ Sr (34%); ¹³⁷ Cs (48%); ¹⁴⁴ Ce (18%)
Площадь отсужденных земель, тыс га	8	106	ис было ³⁾
Численность пероселенного населения, тыс. чел.	7.5	11	ис было

¹⁾ Период времени и суммарная активность выделяют как предосторожные технологич., так и «дикие» сбросы.

²⁾ Оценка радионуклидного состава сбросов в реку Теча относится к периоду 1950-1951 годов и выполнена Д.И.Ильиним - в то время заведующим Центральной научно-исследовательской Лабораторией производительности "Маяк".

³⁾ Новый след в значительной мере прошел по территориям, уже отсужденным в результате аварии 1957 года.

Таблица 5

Количественный состав групп, изученных в 1968-1990 годах с целью определения различных медико-биологических последствий Челябинских радиационных аварий

Авария	Всего облученных	Численность регистра	Число людей, обследованных для выявления последствий облучения					19705
			анализ форменного состава крови	анализ числа злокач. новообразований	анализ смертности от злокач. новообразов.	анализ пороков развития у облученных внутриутробно	анализ заболеваемости	
Выброс радиоактивности в реку Теча в 1949-1956 годах	124000 ^a	66700	16620	16900	25150	3089	19705	
Кыштымская авария 1957 года	272000	25000	5700	19700	34000	530	19000	

^a Для контроля были выбраны две группы сравнения: группа а (70000 человек) - необлученная часть сельского населения, проживавшего в той же местности и группа б (2960000) - сельское население Челябинской области, проживавшее в населенных пунктах, расположенных вне зоны радиоактивного загрязнения

Таблица 6

Зависимость частоты лейкозов от эквивалентной дозы в красном костном мозге

Средняя доза в красном костном мозге, Гр	Число случаев	Коэффициент заболеваемости лейкозами	90% доверительные интервалы ·10 ⁵ чел-лет
1,43	6	12,8	5,6 - 25,3
0,82	3	8,3	2,3 - 21,3
0,59	9	9,9	5,2 - 17,3
0,29	12	11,2	6,5 - 18,2
0,13	7	6,5	3,0 - 12,2
контроль 1	133	4,5	3,9 - 5,2
контроль 2	99	5,6	4,6 - 6,6

Таблица 7

Смертность среди облученных жителей и в трех группах сравнения

Обследованные группы	Средняя ЭЭД, сЗв	Общая смертность ·10 ⁻³	Смертность от новообразований		
			Число случаев смерти	смертность ·10 ⁻⁵	95% доверительные интервалы
1	52	11,49 ^x	84	165,9 ^x	132,2 - 205,4
	24	10,13	79	127,7	101,0 - 158,9
	Контроль	-	9,82	425	114,1
2	140	13,96 ^x	35	267,9 ^x	186,5 - 372,4
	11	12,11	76	215,6	169,9 - 270,6
	7,5	12,06	274	210,8	186,0 - 237,1
Контроль	-	11,29	1467	177,2	168,3 - 186,5
3	7,4	13,30	226	172,1	150,1 - 196,2
	Контроль	-	13,36	1501	160,0

^x - в данном варианте обнаружены статистически существенные различия с контролем

Таблица 8

Частота спонтанных аборт и внематочных беременностей в различных дозовых подгруппах

Дозовая группа	Средняя доза на годамы, сЗв	Средний возраст, матери лет	Частота медико-биологических абортов	Частота внематочных беременностей	Частота спонтанных абортов на все беременности	% без медицинских абортов
1	74	28,5	39,0	0,2	3,1	5,2
2	11	28,2	43,0	0,7	2,3	4,0
3	4	28,7	55,3	1,0	2,3	5,3
4	3,3	27,8	46,9	2,4	3,3	6,5
Контроль	<2	28,4	47,3	0,5	2,2	4,2

Таблица 9

Показатели смертности от отдельных причин у потомства облучившегося населения

Причины смерти	Число смертей на 1000 родившихся потомков			
	Потомство родителей, получивших дозу 0,11 Зв на гонады		Потомство родителей, получивших дозу 0,045 Зв на гонады	
	Контроль	Контроль	Контроль	Контроль
Инфекционные болезни	10,9	14,8	12,2	13,0
Новобразования (злокачественные?)	0	0,07	0,5	0,14
Болезни органов дыхания	27,1	37,1	15,6	22,4
Врожденные аномалии	2,8	1,3	1,0	1,1
Перинатальная смертность	5,3	4,5	6,3	4,1
Неопределенная	9,9	5,0	1,5	2,5

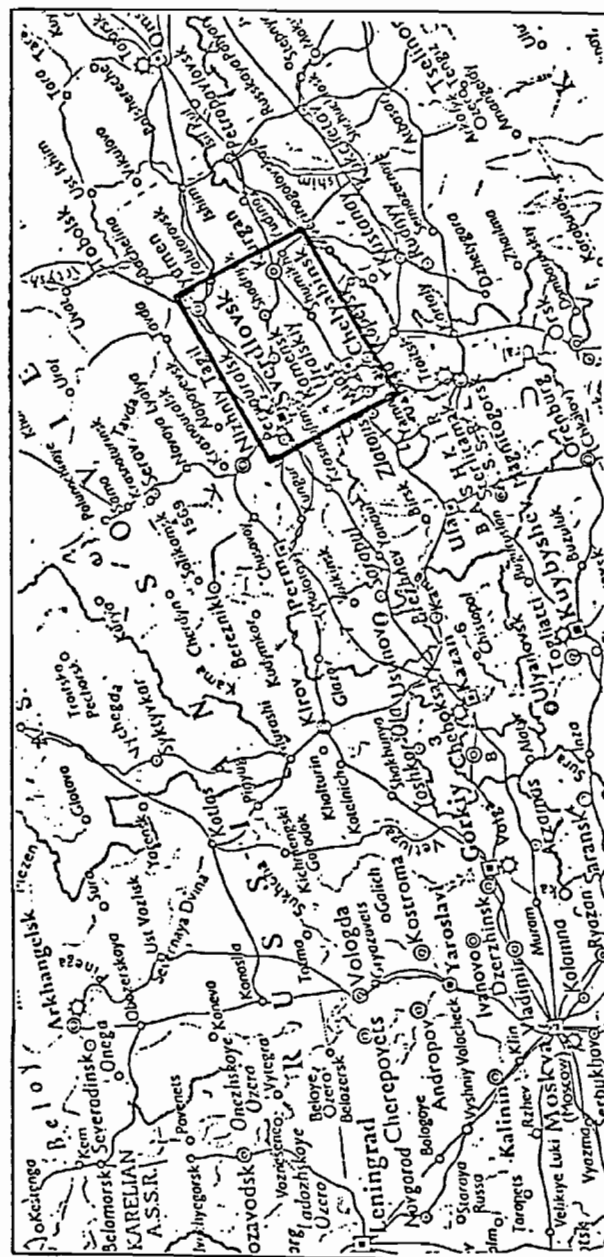


Рис. 1 Карта расположения предприятия Минск и окружающих его территорий

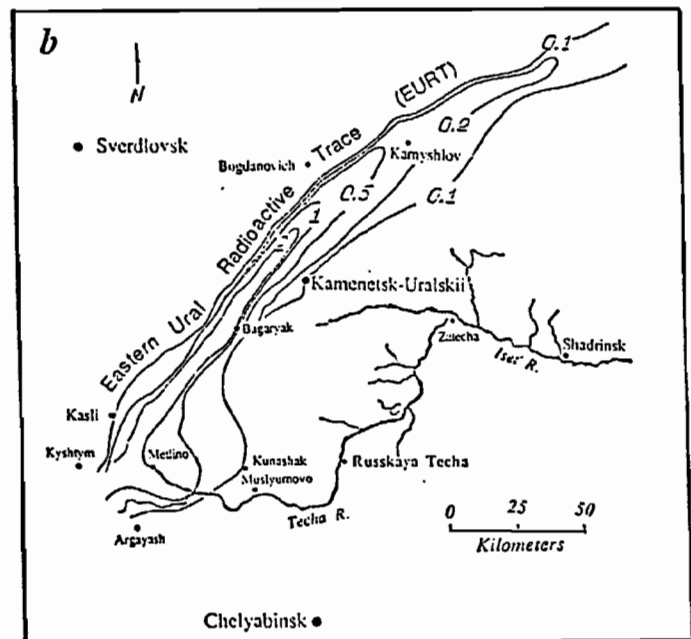
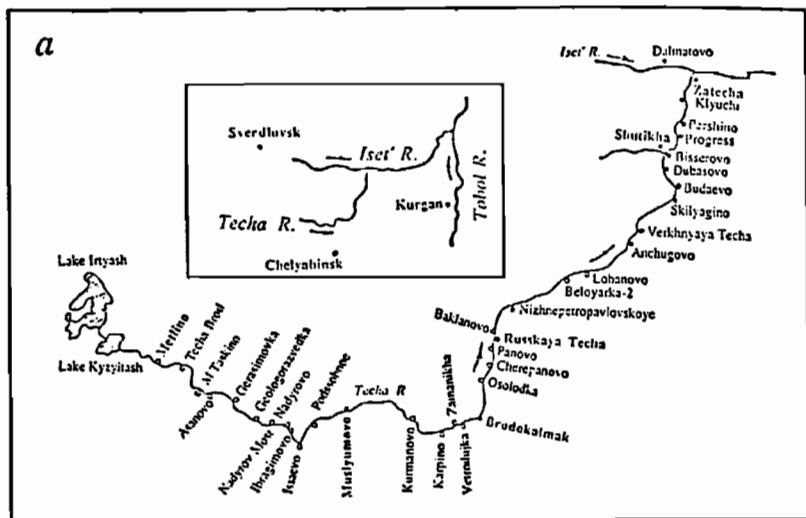


Рис. 2. а) Карта-схема расположения Восточно-Уральского Радиоактивного следа (ВУРС), образовавшегося в результате Кыштымской аварии 1957 года

б) Схема системы рек Теча, Исеть и Тобол (масштаб не выдержан) и располагающихся по их берегам деревень до радиационных аварий. о - отселенные деревни; о - деревни, оставшиеся неотселенными; на карту не нанесены располагавшиеся в нижнем течении реки Теча отселенные деревни Назарово (географическое положение практически совпадает с положением деревни Асаново), Ганино и Марково, число жителей в которых было очень мало и которые были ликвидированы из-за хозяйственной бесполезности.

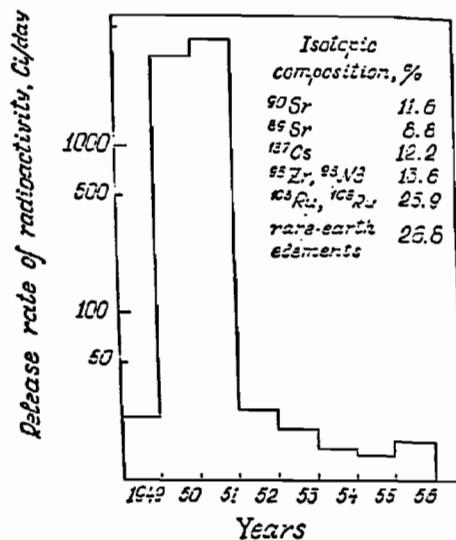


Рис. 3. Динамика сброса радиоактивных отходов с предприятия "Маяк" в реку Теча. Показаны среднегодовые значения скорости поступления радиоактивных отходов в реку (Ки/день) и радионуклидный состав сбросов 1950-1951 годов. (По данным Центральной Заводской Лаборатории п/о "Маяк", Руководитель работы Дмитрий Ильин). Пик активности в 1950-1951 годах объясняется тем, что до 1950 года значительная часть жидких отходов сливалась в "банки С" и Старое болото, а, начиная с 1952 года, в озеро Карачай.

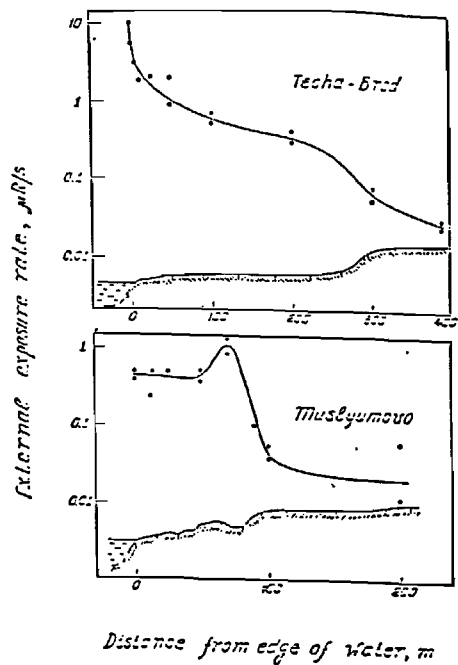


Рис. 4. Изменение мощности гамма-излучения (микрорентген в час) в зависимости от расстояния от уреза воды в деревне Теча Брод, расположенной в 18 км ниже по течению от моста сброса и селе Муслиумово (78 км от места сброса). В нижней части рисунков показаны рельефы береговой полосы в местах измерений. Резкий спад мощности гамма-дозы соответствует границе территории, затопленной в 1951 году в результате необычайно мощного весеннего паводка. Точки представляют собой результаты измерений, выполненных в 1954 и 1955 годах. Данные, представленные на этом и следующем рисунке (рисунок 5) взяты нами из технических отчетов специальных бригад Института биофизики (руководитель проф. А.Марей). К сожалению в этих отчетах не указан тип прибора, с помощью которого проведены измерения, а также погрешности измерения.

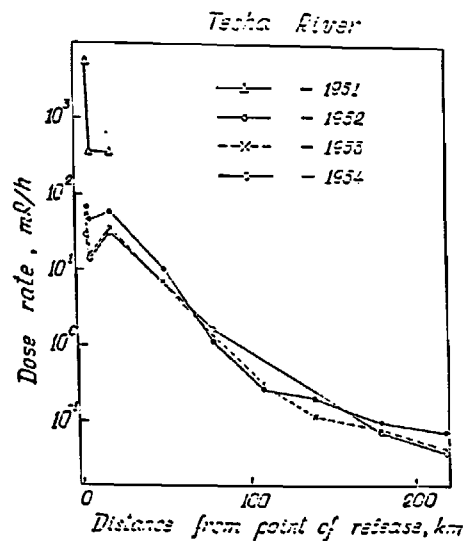


Рис. 5. Результаты измерений мощности гамма-излучения (миллирентген/час) на урезе воды (граница берег-вода) на всем протяжении реки Теча (238 км). Измерения проводились выездными бригадами Института биофизики как правило в летний период (см. подпись к рис. 4). В 1951 году были обследованы только верховья реки, а с 1952 года - вся река Теча до впадения в реку Исеть. Практически постоянные значения мощности гамма-излучения в период 1952-1954 годы показывают, что главным источником гамма-излучения был долгоживущий изотоп цезия-137 (период полураспада 30 лет), сорбированный илом и пойменными почвами.

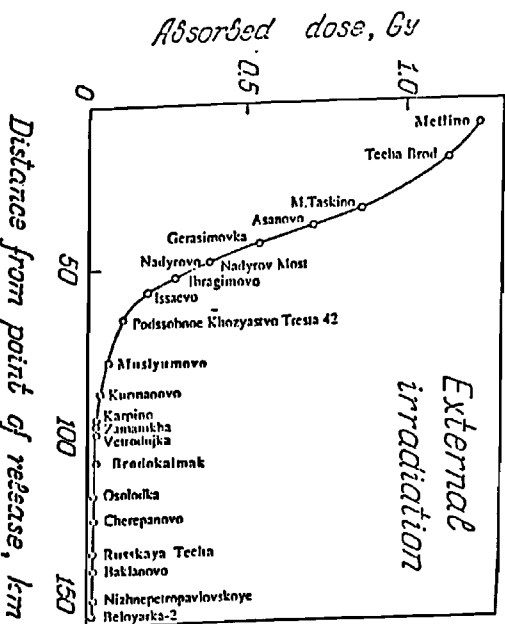


Рис. 6. Зависимость поглощенных доз внешнего гамма-излучения (накопленных жителями прибрежных населенных пунктов за весь период контакта с радиоактивной рекой) от расстояния по течению реки (от точки выброса радиоактивности с п/о "Маяк"). Для расчета доз на основании измерения гамма-излучения оценили среднегодовые уровни излучений в обычных местах пребывания людей (на реке, как на рис. 4 и 5, в домах, на огородах, на улицах). Затем в 60-е годы профессором М.Сауровым из Института биофизики МЗ СССР были изучены типичные режимы поведения сельских жителей различного возраста в переселенных деревнях вдоль реки Теча. Он определял среднесуточную продолжительность пребывания людей дома, на огороде, у реки и т.д. Наложение этих режимов поведения на картину гамма-полей в деревенской местности позволило получить среднегодовые дозы для различных возрастных групп. Наконец, суммирование годовых доз (с учетом возрастного состава населения в деревнях) позволило нам получить величины, представленные на данном графике.

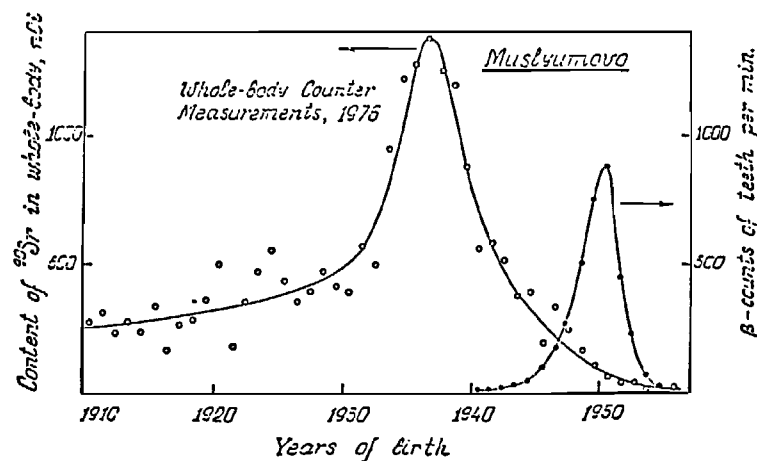


Рис. 7. Измерения радиоактивности тела (открытые кружки) и бета-радиоактивности эмалей зубов (закрытые кружки) для различных возрастных групп жителей села Муслиумово. Измерения бета-излучения сделаны в 1960 году - представленные данные основаны на материале обследования 14000 жителей. Измерения радиоактивности тела проводились в счетчике излучения человеческого тела (СИЧ-9.1). Измерения начаты в 1974 году и завершены в 1990 году, представленные данные получены на материале измерения радиоактивности у 12000 человек.