

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	2
1. ОПИСАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ПРОГРАММЫ ИАС ИДК	3
2. ФОРМИРУЕМЫЕ ОТЧЕТЫ	4
2.1. Дозиметрическая карточка	4
2.2. Превышение нормативных уровней доз за заданный период	4
2.3. Форма 1 - ИДК	5
2.4. Сравнительный анализ среднегодовых доз	5
3. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЧЕЛОВЕКА	6
3.1. Детерминированные эффекты радиационного воздействия (тканевые реакции)	6
3.2. Теория радиационного гормезиса	7
3.3. Стохастические эффекты радиационного воздействия на человека	8
4. МОДЕЛЬ РАДИАЦИОННЫХ РИСКОВ UNSCEAR-94	9
5. РАСЧЕТ РАДИАЦИОННЫХ РИСКОВ СОТРУДНИКОВ ННЦ ХФТИ, СОСТОЯЩИХ НА ИДК	16
5.1. Характеристика персонала ННЦ ХФТИ в терминах «дозовой матрицы»	16
5.2. Расчет радиационных рисков сотрудников ННЦ ХФТИ по модели UNSCEAR-94	20
5.2.1. Распределение персонала ННЦ ХФТИ по значениям атрибутивного, абсолютного и относительного радиационных рисков ..	21
5.2.2. Характеристика групп абсолютного радиационного риска	23
5.2.3. Характеристика персонала по группам абсолютного радиационного риска EAR_{ALL}	24
5.2.4. Характеристика персонала групп потенциального атрибутивного радиационного риска	26
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	27
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	28
ПРИЛОЖЕНИЕ А. ОСНОВНЫЕ ФОРМЫ ПРОГРАММЫ	29
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. ФОРМИРУЕМЫЕ ОТЧЕТЫ	35

ВВЕДЕНИЕ

Для целей радиационной защиты и безопасности принято рассматривать так называемые «тяжелые» эффекты облучения, развитие которых может привести к преждевременной смерти или существенному сокращению периода нормальной жизни [1, 2]. Такие эффекты делятся на две категории: детерминированные, для которых связь между дозой излучения и развитием эффекта однозначно определена, т. е. детерминирована, и стохастические, для которых такая связь носит вероятностный характер.

К категории стохастических эффектов относят раковые и наследственные заболевания (генетические эффекты). Облучение вызывает повышение вероятности таких заболеваний, спонтанно возникающих без всякого облучения и с той или иной частотой наблюдающихся в больших группах людей. При этом радиогенные заболевания неотличимы от спонтанных, что существенно затрудняет определение связи между развившимся заболеванием и облучением. До сих пор не удается обнаружить радиогенные раки при низких дозах облучения. Признано, что современные методы позволяют установить проявление радиогенных раков лишь для доз равномерного облучения всего тела более 200 мЗв [3].

В области малых доз такие наблюдения отсутствуют, поэтому вид зависимости «доза–эффект» в этой области неизвестен. С развитием радиационной безопасности необходимость иметь такую зависимость стала очевидной, и в 1977 году Международная комиссия по радиационной защите (МКРЗ) предложила принять линейную беспороговую (LNT – “Linear Non-Threshold”) зависимость «доза–эффект» в области малых доз. LNT-гипотеза развития радиогенных стохастических эффектов постулирует, что эти эффекты могут возникать при любых уровнях облучения с вероятностью, пропорциональной дозе.

В новых рекомендациях МКРЗ рассматривается проблема формирования групп потенциального риска среди персонала, работающего с источниками ионизирующего излучения (ИИИ), при этом отмечается необходимость принятия решений с использованием факторов временного и пространственного распределения процессов облучения людей, формирования «дозовой матрицы» [4, 5] на индивидуальном уровне. По

сути, речь идет о привлечении всего имеющегося в настоящее время потенциала радиационной эпидемиологии для формирования групп потенциального риска с ориентацией на оказание, в случае необходимости, адресной медицинской помощи, прежде всего, на этапах диагностики онкологических и неонкологических заболеваний.

Для этой цели в ННЦ ХФТИ создано программное средство «Информационно-аналитическая система индивидуального дозиметрического контроля» (ИАС ИДК), предназначенное для сбора, хранения и анализа информации о дозах облучения работников за весь период работы с ИИИ. Система позволяет оценивать среднегодовые дозы для различных групп персонала, определять наиболее опасные участки работ и наиболее облучаемые группы персонала. Наличие информационной поддержки по анализу дозовых затрат позволит осуществлять планирование мероприятий, направленных на снижение доз облучения персонала и отдаленных рисков радиации.

ИАС ИДК разработана в среде CodeGear Delphi 2007, использует сервер СУБД FireBird 2.1 и работает в диалоговом режиме, что позволяет практически реализовать в нормативной базе ННЦ ХФТИ новые рекомендации МКРЗ, исходящие из научно признанных принципов оптимизации мер управления радиационными рисками, особенно в области малых доз [6].

На основе модели рисков UNSCEAR-94 НКДАР ООН рассчитаны индивидуальные радиационные риски персонала, состоящего на ИДК в ННЦ ХФТИ, сформированы группы потенциального и высокого потенциального радиационных рисков.

1. ОПИСАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ПРОГРАММЫ ИАС ИДК

База данных (БД) программы содержит информацию:

- о сотрудниках, состоящих на ИДК: Ф.И.О. (полностью); личный номер в БД; пол; дата рождения; дата взятия на ИДК; идентификационный номер; предыдущая фамилия, если она менялась в период работы с ИИИ (рис. ПА 1);

- о профмаршруте сотрудников в период работы с ИИИ: дата взятия на работу с ИИИ; дата окончания работы с ИИИ; отдел; должность, на которую был принят сотрудник (рис. ПА 2);

- о полученных сотрудниками дозах облучения: год; квартал; вид излучения; доза в миллизивертах. Информация о дозах для удобства может вноситься как в форму «дозиметрическая карточка сотрудника», когда необходимо внести сразу несколько доз для одного сотрудника (рис. ПА 3,а), так и по отделам, за определенный квартал либо за все кварталы выбранного года (см. рис. ПА 3,б), а также по всем сотрудникам, состоящим на ИДК, за выбранный квартал выбранного года. В последнем случае сразу можно получить информацию о том, имеются ли случаи превышения

контрольных уровней доз за выбранный период времени (см. рис. ПА 3,в). Для удобства можно посмотреть, сколько в выбранном году либо за все годы внесено и не внесено доз по отделам и людям, в цифрах (рис. ПА 4,а) и пофамильно (см. рис. ПА 4,б).

В справочниках «Отделы» и «Должности» хранятся перечни отделов и должностей в учреждениях ННЦ ХФТИ и СМСЧ №13 (рис. ПА 5, ПА 6).

В справочнике «Виды излучений» содержится перечень видов излучений, которым может подвергнуться работающий с ИИИ персонал. В справочнике «Виды излучений по отделам» хранятся данные о том, какие виды излучений используются в работе в каждом конкретном подразделении (рис. ПА 7).

В справочнике «Допустимый и контрольные уровни доз» содержатся: значения допустимого предела годовой дозы для персонала категории А; значения установленных контрольных уровней квартальной и годовой доз для ННЦ ХФТИ и СМСЧ №13; индивидуальные значения контрольных уровней доз, установленные для некоторых отделов (рис. ПА 8). Эти данные используются для оперативного оповещения о превышении контрольных уровней доз, а также при анализе доз персонала.

Также БД содержит таблицы для хранения параметров расчета радиационных рисков по различным моделям.

2. ФОРМИРУЕМЫЕ ОТЧЕТЫ

2.1. Дозиметрическая карточка

Отчет «Дозиметрическая карточка» может быть сформирован для любого сотрудника, информация о котором имеется в БД. Он формируется в двух форматах (рис. ПБ 1): в формате А4, с указанием всей имеющейся информации о сотруднике, включая накопленную дозу, и в виде брошюры, что необходимо при утере твердой копии дозиметрической карточки. В таком случае пользователь может задать количество пустых строк для заполнения профмаршрута и количество страниц в брошюре, кратное четырем. Накопленная доза в таком формате не выводится, так как предполагается дальнейшее заполнение дозиметрической карточки.

2.2. Превышение нормативных уровней доз за заданный период

Данный отчет может быть сформирован за любой промежуток времени, по которому имеются данные в БД.

Отчет содержит следующие данные: личный номер сотрудника; Ф.И.О.; отдел; полученную квартальную либо годовую дозу, превышающую установленный порог; промежуток времени, за который была получена данная доза (год/квартал); наименование и значение порога, который был превышен.

Для формирования отчета необходимо задать промежуток времени (начальный и конечный год), за который необходимо сформировать отчет.

Данные отчета могут быть отсортированы по любому полю либо набору полей; для каждого поля можно указать порядок сортировки: по возрастанию либо по убыванию (рис. ПБ 2).

Как видно из рис. ПБ 2,а, последний случай превышения допустимого предела годовой дозы, равного 20 мЗв, был зарегистрирован в 1989 г. Последний случай превышения минимального¹ контрольного уровня годовой дозы, равного 8 мЗв, зафиксирован в 1992 г. (см. рис. ПБ 2,б). Последний случай превышения контрольного уровня квартальной дозы, равного 5 мЗв, был зарегистрирован в I квартале 1992 г. (см. рис. ПБ 2,в). Данный отчет (как и все другие отчеты) может быть распечатан либо сохранен в файл .rtf, .pdf, .jpeg в формате А4 (см. рис. ПБ 2,г).

2.3. Форма 1 – ИДК

Отчет «Форма 1 – ИДК» содержит поля: наименование отдела; количество лиц, состоящих на контроле; количество лиц, получивших дозу в промежутке: менее 2; 2 и более; 5 и более; 10 и более мЗв; коллективную дозу за выбранный период времени; среднюю дозу за выбранный период времени; максимальную дозу за выбранный период времени; Ф.И.О. сотрудников, получивших максимальную дозу.

Данный отчет может быть сформирован: за любой квартал, полугодие либо год; за кварталы, полугодия либо годы в промежутке времени между заданными годами (например, за 1-е полугодия с 2000 по 2010 гг.); за весь период ИДК.

На рис. ПБ 3,а представлен отчет «Форма 1 – ИДК» за 2010 г. Здесь столбец «Средняя доза, мЗв» показывает среднюю годовую дозу по отделам в 2010 г.; столбец «Коллективная доза, мЗв» показывает накопленную за 2010 г. дозу и т. д.

На рис. ПБ 3,б показано сравнение отчетов по полугодиям за 10 лет с 2001 по 2010 гг. Как видно из данного рисунка, во втором полугодии, по большинству отделов и по учреждениям в целом, полученные персоналом накопленные дозы больше, чем в первом полугодии за заданный период времени.

На рис. ПБ 3,в представлен отчет «Форма 1 – ИДК» за весь период ИДК с 1957 по 2011 гг. в формате А4. Из данного отчета видно, что коллективная накопленная доза персонала ННЦ ХФТИ за весь период ИДК составила 96 425,87 мЗв, средняя накопленная доза – 56,52 мЗв, максимальная накопленная доза – 577,97 мЗв.

2.4. Сравнительный анализ среднегодовых доз

Отчет «Сравнительный анализ среднегодовых доз» содержит таблицу и график, представляющие значения среднегодовых доз по выбранным

¹ Для некоторых отделов установлены свои контрольные уровни годовой дозы, превышающие 8 мЗв.

отделам либо по учреждениям за заданный промежуток времени (рис. ПБ 4,а).

Форма для выбора параметров отчета представлена на рис. ПБ 4,б. Пользователь может, по необходимости, добавлять и удалять отделы для отчета, а также формировать группы отделов и включать или исключать их из отчета.

Можно задать тип диаграммы: столбчатая или линейная. На рис. ПБ 4,в представлен данный отчет по отделам за период с 1980 по 2011 гг. и выбрана линейная диаграмма.

Сравнение среднегодовых доз с 1957 по 2011 гг. по учреждениям, состоящим на ИДК, показано на рис. ПБ 4,г.

3. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЧЕЛОВЕКА

3.1. Детерминированные эффекты радиационного воздействия (тканевые реакции)

Эффекты, имеющие место только в результате радиационного повреждения/гибели критической популяции клеток в органе или ткани, наблюдаемые только при дозах излучения выше некоторого порога, называются детерминированными эффектами радиационного воздействия (тканевыми реакциями). Величина данного порога зависит от мощности дозы, линейной передачи энергии (ЛПЭ) излучения, облучаемого органа или ткани, объема облучаемой части органа или ткани и рассматриваемого клинического эффекта. С увеличением дозы выше порога вероятность возникновения эффекта резко возрастает до 100 %, т. е. эффект будет наблюдаться у каждого человека, подвергшегося облучению. При превышении пороговой дозы тяжесть поражения, включая нарушение способности ткани к восстановлению, увеличивается с ростом дозы [8].

В диапазоне поглощенных доз до 100 мГр (при воздействии излучения с низкой или высокой ЛПЭ, однократном либо в течение года) нет таких тканей, в которых бы развились клинически выраженные функциональные нарушения. Тем не менее, для профессионального облучения в ситуациях планируемого облучения МКРЗ по-прежнему рекомендует использование предела эффективной дозы, равного 20 мЗв в год, с усреднением по пятилетним периодам (100 мЗв за 5 лет), при условии, что эффективная доза не превысит 50 мЗв ни за один год.

Рис. ПБ 7,д отражает тренд максимальной и средней годовой дозы за весь период ИДК по всем сотрудникам, когда-либо состоявшим на ИДК. Из графика видно, что до 1990 года максимальные годовые дозы не превышали допустимый предел дозы в 20 мЗв только в 1962, 1966, 1980, 1981, 1983, 1986-1988 гг.; в 1964, 1975 и 1989 гг. были случаи превышения уровня в 50 мЗв.

С 1990 года максимальные дозы не превышали установленный МКРЗ предел годовой дозы для персонала категории А в 20 мЗв.

3.2. Теория радиационного гормезиса

По данным ООН, средняя годовая эффективная доза среднестатистического человека от естественного фонового облучения составляет: от естественных ИИИ – 2 мЗв (82,61 %), от техногенных ИИИ – 0,421 мЗв (17,39 %), всего – 2,421 мЗв/год.

Это значение может меняться в зависимости от высоты над уровнем моря, широты, состава почвы и т. д. Таким образом, накопленная доза человека от естественного излучения в течение жизни может составлять от 100 до 700 мЗв.

Подобное воздействие окружающей среды привело к выработке определенной эволюционной адаптации живых организмов для защиты и сведения к минимуму последствий воздействия фонового радиационного облучения. Многочисленные исследования различных организмов: от простейших форм до человека, показывают, что дополнительное облучение в малых и средних дозах, сравнимых с радиационным фоном Земли, иногда оказывает положительное воздействие на организм. У животных повышается жизненная активность и плодовитость, улучшается состояние здоровья, увеличивается продолжительность жизни, предпосевное облучение семян повышает урожайность.

Такое явление радиационного гормезиса² объясняют увеличением синтеза в клетке ферментов репарации ДНК, активацией мембранных рецепторов, пролиферацией спленоцитов, что, в свою очередь, вызывает стимуляцию иммунной системы, снижает риск заболеваемости инфекционными и онкологическими болезнями, способствует увеличению средней продолжительности жизни [11].

В настоящее время среди ученых нет единого мнения по поводу данного диапазона малых доз, вызывающих стимуляцию жизнедеятельности, но большинство считает, что нижняя граница диапазона малых доз находится выше природного радиационного фона и превышает его в десять раз. Верхняя граница диапазона малых доз является менее определенной, поскольку существует большая разница в радиочувствительности различных организмов. Верхним пределом области малых доз считают дозу, в сто раз меньшую дозы радиации, при которой гибнет 50 % особей данного вида живых созданий (организмов) на протяжении 30...60 дней (ЛД50\30). Для растений и животных (даже у радиочувствительных видов млекопитающих) таким верхним пределом диапазона малых доз в настоящее время считается 20...30 мЗв/год, для человека – 30...50 мЗв/год [12].

Отчет «Тренд суммарной годовой/среднегодовой дозы. Сравнение с естественным радиационным фоном и с областью малых доз» позволяет

² Гормезис – стимуляция какой-либо системы организма внешними воздействиями, имеющими силу, недостаточную для проявления вредных факторов.

сравнить полученные годовые дозы конкретного сотрудника либо среднегодовые дозы по данному учреждению/подразделению за выбранный период времени с окружающим радиационным фоном, с предельно допустимой годовой дозой и с областью малых доз (см. рис. ПБ 6, ПБ 7). Как видно из данных рисунков, предельно допустимая годовая доза 20 мЗв, действующая в настоящее время, находится примерно в середине области малых доз: 11,4...30 мЗв.

На рис. ПБ 5 показана форма для ввода значений окружающего радиационного фона и верхней границы области малых доз (значение ЛД50\30, делённое на 100). Нижняя граница области малых доз рассчитывается автоматически, путем умножения значения окружающего радиационного фона в мЗв/год на 10. Для составления отчета по данному учреждению/подразделению могут быть выбраны все его сотрудники (работающие и уволенные в настоящее время), что даст тренд среднегодовой дозы по данному учреждению/подразделению, а также только работающие либо только уволенные в настоящее время сотрудники, что даст тренд именно по данной выборке сотрудников. Также можно получить тренд среднегодовой дозы для сотрудников, работающих и уволенных, только работающих, только уволенных или не работающих и не уволенных за любой выбранный период времени. В отчет также можно включать тренд максимальной годовой дозы по выбранному учреждению/подразделению (см. рис. ПБ 7,в,г,д).

Однако на данный момент теория радиационного гормезиса у людей не имеет достаточно значимых эмпирических подтверждений. Поэтому на практике обычно используется линейно-квадратическая модель, которая основана на предположении, что любая, даже самая малая, доза облучения вредна, и вред от нее может быть оценен с помощью моделей радиационного риска.

3.3. Стохастические эффекты радиационного воздействия на человека

Воздействие излучения на клетку, даже при очень низких дозах, в отличие от спонтанных повреждений при оксидативных процессах, может привести к кластерным и химически сложным повреждениям ДНК, специфическому двойному разрыву ДНК, которые в большинстве случаев восстанавливаются с ошибкой.

Изменения в единичных клетках, такие как генетические изменения или трансформации, могут приводить к развитию злокачественного процесса при облучении соматических клеток и к генетическим заболеваниям у потомства после облучения герминативных клеток родителей. Эффекты, возникающие из-за повреждения единичной клетки, называются стохастическими. По мере роста дозы частота возникновения таких событий нарастает, но при отсутствии других модифицирующих факторов тяжесть возникающих эффектов предположительно не изменяется

[8]. Стохастические эффекты (рак и наследственные заболевания) могут наблюдаться в виде статистически достоверного увеличения выхода этих эффектов в течение долгого периода времени после самого облучения [9].

Для оценки вероятности возникновения стохастических эффектов облучения (радиационного риска) существуют различные модели: UNSCEAR, BEIR, CERRIE и т. д. Для расчетов рисков онкозаболеваемости персонала в ИАС ИДК использовалась модель UNSCEAR-94.

4. МОДЕЛЬ РАДИАЦИОННЫХ РИСКОВ UNSCEAR-94

В 101 публикации МКРЗ, посвященной оптимизации радиационной защиты, вводится понятие «дозовой матрицы», которая должна учитывать динамику полученных работником доз облучения с момента постановки на ИДК и служить основой для оценки величины индивидуального радиационного риска. Индивидуальный радиационный риск оценивается по модели UNSCEAR-94, разработанной Научным комитетом по действию атомной радиации при ООН (НКДАР ООН) по данным исследований, проведенных среди облученного, в результате атомных бомбардировок в 1945 году, населения японских городов [13, 14]. В данной модели используются следующие термины:

EAR – избыточный абсолютный риск (*Excess Absolute Risk*) – вероятность заболевания радиационно-обусловленным раком;

ERR – избыточный относительный риск (*Excess Relative Risk*) – обусловленный облучением прирост (в процентах либо в долях) вероятности заболевания раком относительно фоновой вероятности заболевания раком данной локализации в данном возрасте лица данного пола;

AR – атрибутивный риск (*Attributable Risk*)³ – доля фактора облучения (избыточного абсолютного риска) в суммарной вероятности заболеть раком у облученного лица (которая складывается из фоновой вероятности ракового заболевания и *EAR*). В случае исследования облученной когорты или популяции атрибутивный риск показывает, какая доля от всех случаев заболеваний в когорте обусловлена радиационным воздействием.

Согласно модели UNSCEAR-94, если m_0 – фоновое количество раковых заболеваний, а m – наблюдаемое количество заболеваний в группе облученных людей того же пола и той же возрастной категории, то наблюдаемое количество заболеваний среди облученных людей можно выразить через фоновое в аддитивной форме:

$$m = m_0 + EAR, \quad (1)$$

³ В англоязычной литературе атрибутивный риск чаще обозначается как *PC* (*Probability of Causation*) – вероятность причинной обусловленности.

где EAR – превышение количества наблюдаемых случаев заболеваний над ожидаемым, вызванное облучением; либо для одного индивидуума – вероятность заболеть раком в результате облучения. Взаимосвязь m и m_0 может быть выражена и через относительное превышение числа заболеваний ERR или в мультипликативной форме:

$$m = m_0 \cdot (1 + ERR). \quad (2)$$

Из (1) и (2) следует, что

$$EAR = m - m_0, \quad (3)$$

$$ERR = (m - m_0) / m_0. \quad (4)$$

Из (3) и (4) определяем связь между величинами, характеризующими превышение естественного уровня заболеваемости:

$$EAR = m_0 \cdot ERR. \quad (5)$$

Согласно определению атрибутивный риск представляет собой долю радиационно-обусловленной вероятности заболеть раком в суммарной вероятности заболеть раком для человека данного возраста и пола:

$$AR = EAR/m. \quad (6)$$

Из (3), (5) и (6) следует:

$$AR = ERR / (1 + ERR). \quad (7)$$

В соответствии с моделью UNSCEAR-94 радиационно-обусловленная заболеваемость солидными раками различной локализации при остром кратковременном облучении представляется в виде избыточного относительного риска ERR и имеет вид:

$$ERR_{SOL}(s, l, g) = a_{s,l} \times D_g \times \exp(b_l \times (g - 25)), \quad (8)$$

где D – доза облучения, Зв; g – возраст на момент облучения; s – пол; l – локализация заболевания. Параметры риска a и b приведены в табл. 4.1 для различных локализаций заболеваний, в зависимости от пола.

Таблица 4.1

Значения параметров модели UNSCEAR-94 избыточного
относительного риска для солидных раков различной локализации

Локализация	МКБ-10	Параметр a , Гр^{-1}		Параметр b , год^{-1}	Характерное время $\tau = b^{-1} $, год
		муж.	жен.		
Органы дыхания	C33, C34	0,37	1,06	0,021	47,6
Желудок	C16	0,16	0,62	-0,035	28,6
Мочевой пузырь	C67	1,00	1,19	0,012	83,3
Печень	C22	0,97	0,32	-0,027	37,0
Пищевод	C15	0,23	1,59	0,015	66,7
Ободочная кишка	C18	0,54	1,00	-0,033	30,3
Молочная железа	C50	–	1,95	-0,079	12,6
Остальные	–	0,59	0,39	-0,059	16,9
Все солидные	C00–C80	0,45	0,77	-0,026	38,5

Величина $|b^{-1}| = \tau$ – характерное время, в течение которого эффективность воздействия облучения изменяется примерно в 3 раза (см. табл. 4.1). Риск заболевания органов дыхания, мочевого пузыря, пищевода увеличивается с возрастом при облучении, для других локализаций – риск заболевания с возрастом при облучении падает.

Статистический анализ данных наблюдений когорты LSS показал, что облучение приводит к увеличению заболеваемости солидными раками только спустя примерно 5...15 лет после облучения. Это так называемый латентный период действия радиации.

Согласно [4] для пролонгированного облучения относительный избыточный риск солидных раков:

$$ERR_{SOL}(u) = a_{s,l} \times \sum_{g=g_0}^{g=u-10} D_g \times \exp(b_l \times (g - 25)), \quad (9)$$

где u – возраст, на который рассчитывается риск заболевания солидным раком; $u-10$ означает, что в расчет берутся только дозы, полученные за 10 лет (средний латентный период для солидных раков) и ранее до расчетного возраста u .

Зная $ERR_{SOL}(u)$ и фоновую заболеваемость раком данной локализации для данного пола и возраста $m_0(s,l,u)$, можно вычислить $AR_{SOL}(u)$, $EAR_{SOL}(u)$ и суммарную вероятность заболеть солидным раком локализации l в возрасте u с учетом факта облучения – $m_{SOL}(s,l,u)$:

$$AR_{SOL}(u) = \frac{ERR_{SOL}(u)}{1 + ERR_{SOL}(u)} \times 100\%; \quad (10)$$

$$EAR_{SOL}(u) = m_{0SOL}(s, l, u) \cdot ERR_{SOL}(u); \quad (11)$$

$$m_{SOL}(s, l, u) = m_{0SOL}(s, l, u) + EAR_{SOL}(u). \quad (12)$$

Данные фоновой повозрастной заболеваемости различными видами солидных раков и лейкемией были взяты из Бюллетеня Национального канцер-реестра Украины №11 за 2008–2009 гг. [15]. Так как в Бюллетене повозрастная заболеваемость приведена только для Украины в целом, для Харьковской области был произведен пересчет фоновой повозрастной заболеваемости с использованием коэффициентов⁴, приведенных в табл. 4.2, рассчитанных по данным Бюллетеня.

Таблица 4.2

Коэффициенты превышения фоновой заболеваемости раками по Харьковской области над фоновой заболеваемостью по Украине

Локализация	МКБ-10	Коэффициент превышения	
		мужчины	женщины
Органы дыхания	C33-C34	0,99	1,30
Желудок	C16	1,05	1,13
Мочевой пузырь	C67	0,98	1,54
Печень	C22	0,97	1,06
Пищевод	C15	1,13	1,56
Ободочная кишка	C18	1,04	1,14
Молочная железа	C50	1,00	1,21
Остальные	–	1,01	1,05
Все солидные ⁵	C00–C80	1,01	1,10
Лейкемии	C91–C95	1,07	1,15

Как следует из табл. 4.2, онкозаболеваемость в Харьковской области в целом выше, чем в среднем по Украине.

Значения фоновой повозрастной заболеваемости солидными раками различной локализации и лейкемией по Харьковской области приведены в табл. 4.3.

⁴ Фоновые показатели повозрастной заболеваемости по Украине умножались на коэффициенты из табл. 4.2.

⁵ Коэффициенты по всем солидным ракам не являются средними по всем разновидностям солидных раков для определенного пола, так как заболеваемость по одним видам солидных раков может быть на несколько порядков выше, чем по другим, и такие виды рака вносят наибольший вклад в коэффициент превышения по всем солидным ракам.

Таблица 4.3

Фоновая повозрастная заболеваемость злокачественными новообразованиями по Харьковской области
(показатели на 100 000 человек в год)

Локализация	пол	Возрастная группа, лет														
		15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84	85-
Все солидные раки	м	8,00	11,32	19,91	36,65	59,2	112,93	222,58	452,3	766,67	1234,86	1289,16	1943,54	1607,41	1912,25	1566,4
	ж	10,06	18,88	42,04	87,26	146,51	224	337,54	484,81	619	825	749,32	1102,37	854,36	909,84	685,36
Органы дыхания	м	0,10	0,59	0,69	1,88	4,85	13,36	38,4	99,06	163,88	258,88	274,22	373,87	278,18	259,27	171
	ж	0,13	0,13	0,78	1,3	2,73	5,2	9,61	16,37	24,17	33,65	42,74	63,27	58,2	62,23	39,63
Желудок	м	0	0,11	0,84	3,47	6,3	12,5	24,79	46,43	73,95	127	132,88	195,07	159,04	197,8	129,84
	ж	0,34	0,34	1,13	3,28	4,3	8,26	12	19,81	30,9	46,18	56,71	93,84	74,6	76,52	53,77
Мочевой пузырь	м	0,1	0,2	0,49	1,18	1,96	4,7	8,92	16,46	34,4	64,78	79,28	127,3	110,25	141,41	113,29
	ж	0,15	0,46	0,31	0,46	0,92	1,54	2,31	4	7,54	13,38	14,77	24,31	22	27,23	21,69
Печень	м	0,19	0,1	0,29	0,68	1,07	1,65	2,82	6,32	11,48	14,98	15,37	23,15	15,86	21,6	23,35
	ж	0,32	0,21	0,21	0,64	0,64	0,42	1,7	2,54	4,77	6,04	6,89	10,92	9,86	10,28	6,57
Пищевод	м	0	0,11	0,11	0,11	0,56	1,58	6,54	14,76	25,92	34,25	29,63	34,14	22,54	21,86	24,45
	ж	0	0	0	0,16	0,31	0,16	0,31	0,93	2,02	2,02	3,73	6,38	5,44	8,71	3,27
Ободочная кишка	м	0,1	0,31	0,52	1,66	3,31	6,11	10,05	20,61	41,43	77,99	89,9	157,53	122,63	154,32	128,01
	ж	0,11	0,23	0,57	1,94	2,97	5,95	11,09	25,27	37,51	57,06	64,04	104,63	78,33	84,62	61,41
Остальные	м	7,51	9,91	16,99	27,57	41,04	72,82	130,67	247,45	413,82	655,28	665,97	1028,27	896,23	1112,38	971,86
	ж	8,88	16,66	33,82	62,64	95,14	128,08	186,39	270,5	349,5	460,32	406,08	598,51	480,41	502,97	405,61
Молочная железа	м	0	0	0	0,1	0,1	0,2	0,4	1,2	1,8	1,7	1,9	4,2	2,7	3,6	4,6
	ж	0,12	0,85	5,21	16,84	39,5	74,39	114,13	145,39	162,59	206,33	154,35	200,51	125,52	137,27	93,41
Лейкемии	м	2,99	2,67	2,14	1,92	3,10	3,42	6,09	9,73	18,60	22,98	28,43	42,65	33,78	35,60	26,94
	ж	2,08	1,85	2,08	2,19	3,00	3,93	5,66	7,85	12,01	18,02	18,36	29,91	18,71	13,63	5,43

Для вычисления абсолютного избыточного риска возникновения радиационно-обусловленной лейкемии EAR_{LEU} в возрасте u после однократного облучения в возрасте g модель UNSCEAR-94 предлагает следующую формулу:

$$EAR_{LEU}(s, g, u) = a_{s,g} \times D_g \times (1 + 0.79 \cdot D_g) \times \exp(-b_{s,g} \times (u - g - 25)), \quad (13)$$

где a и b – параметры, зависящие от возраста на момент облучения g и пола человека s , их значения приведены в табл. 4.4.

Таблица 4.4

Значения параметров модели UNSCEAR-94 избыточного абсолютного риска лейкемии (для расчета EAR_{LEU} на 100 000 человек в год)

Возраст	Параметр a , Γp^{-1}		Параметр b , $год^{-1}$		Характерное время $\tau = b^{-1} $, год	
	муж.	жен.	муж.	жен.	муж.	жен.
0...19	3,3	6,6	0,17	0,07	5,9	14,3
20...39	4,8	9,7	0,13	0,03	7,7	33,3
40...	13,1	26,4	0,07	0,03	14,3	33,3

Согласно [4] для пролонгированного облучения абсолютный избыточный риск лейкемии равен:

$$EAR_{LEU}(u) = \sum_{g=g_0}^{g=u-2} a_{s,g} \times D_g \left(1 + 1.58 \sum_{g=g_0}^g D_g \right) \times \exp(-b_{s,g} \times (u - g - 25)), \quad (14)$$

где u – возраст, на который рассчитывается риск заболевания лейкемией;

$\sum_{g=g_0}^g D_g$ – накопленная доза к возрасту g ; $u-2$ означает, что в расчет берутся только дозы, полученные за 2 года (средний латентный период для лейкемии) и ранее до расчетного возраста u .

Зная значение абсолютного риска лейкемии EAR_{LEU} и фоновую заболеваемость лейкемией в возрасте u для пола s – $m_{0LEU}(s, u)$, можно вычислить атрибутивный и относительный избыточные риски лейкемии AR_{LEU} и ERR_{LEU} , а также вероятность заболеть лейкемией в возрасте u с учетом факта облучения – $m_{LEU}(s, u)$:

$$AR_{LEU}(u) = \frac{EAR_{LEU}(u)}{m_{0LEU}(s, u) + EAR_{LEU}(u)} \times 100\%; \quad (15)$$

$$ERR_{LEU}(u) = \frac{EAR_{SOL}(u)}{m_{0LEU}(s, u)}; \quad (16)$$

$$m_{LEU}(s,u) = m_{0LEU}(s,u) + EAR_{LEU}(u). \quad (17)$$

По данным Международной организации труда ежегодно на 1 млн работников происходит порядка 100...1000 случаев травматизма со смертельным исходом [4], поэтому Международной комиссией по радиологической защите был установлен уровень социально приемлемого абсолютного риска, равный $10^{-4} \dots 10^{-3}$ в год.

В соответствии с Нормами радиационной безопасности Украины (НРБУ-97) величина EAR_{ALL} для персонала не должна превышать 10^{-3} [7].

Таким образом, по величине EAR_{ALL} человек, подвергшийся облучению, может быть отнесен к одной из следующих групп риска:

- пренебрежимо малого риска: $EAR_{ALL} < 10^{-4}$;
- приемлемого риска: $10^{-4} \leq EAR_{ALL} < 10^{-3}$;
- повышенного радиационного риска: $EAR_{ALL} \geq 10^{-3}$.

За рубежом основным показателем отнесения человека к той или иной группе риска является атрибутивный радиационный риск [16]. В зависимости от значений атрибутивного риска солидных раков AR_{SOL} и атрибутивного риска лейкоза AR_{LEU} , человек, подвергшийся облучению, может быть отнесен к группе:

- потенциального риска: $AR_{SOL} \geq 10 \%$ или $AR_{LEU} \geq 50 \%$;
- повышенного потенциального риска: $AR_{SOL} \geq 20 \%$ или $AR_{LEU} \geq 75 \%$.

В расчетах использовался суммарный избыточный абсолютный радиационный риск солидных раков и лейкозов EAR_{ALL} как основной показатель⁶ радиационного риска для отнесения человека к той или иной группе риска. Также были рассчитаны значения атрибутивного радиационного риска солидных раков AR_{SOL} и лейкозов AR_{LEU} ; относительного риска солидных раков ERR_{SOL} и лейкозов ERR_{LEU} .

Формы для заполнения значений фоновой онкозаболеваемости и значений параметров модели UNSCEAR-94 показаны на рис. ПБ 8 и ПБ 9. Расчет рисков может быть произведен для любого сотрудника, подразделения, выборки работающих и/или уволенных людей за любой период времени.

⁶ Рекомендовано Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору РФ (Положение о прогнозировании индивидуальных радиационных рисков от 14.07.2010 г.).

5. РАСЧЕТ РАДИАЦИОННЫХ РИСКОВ СОТРУДНИКОВ ННЦ ХФТИ, СОСТОЯЩИХ НА ИДК

5.1. Характеристика персонала ННЦ ХФТИ в терминах «дозовой матрицы»

Таблица 5.1

Возрастно-половой состав персонала ННЦ ХФТИ, стаж работы

Персонал	Число лиц на ИДК	Возраст			Стаж		
		мин.	средний	макс.	мин.	средний	макс.
Весь	323	23	55	85	0	21	53
Мужчины	277	23	56	85	0	22	53
Женщины	46	24	55	78	0	21	48

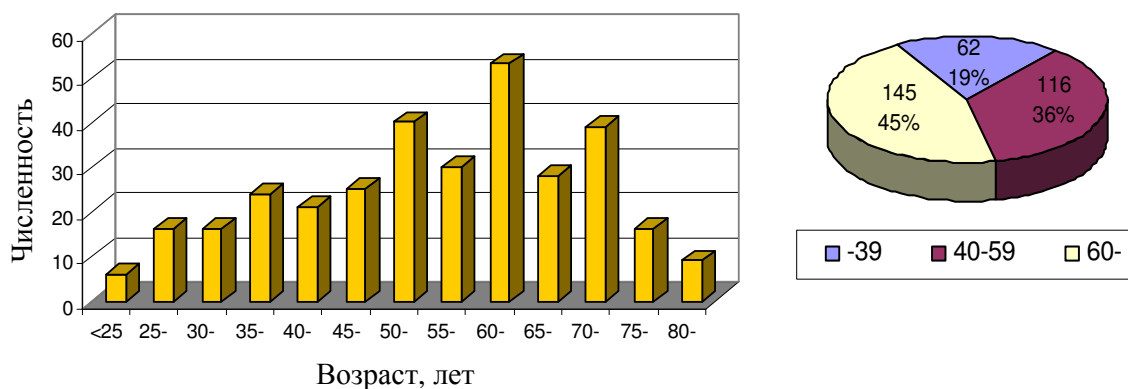


Рис. 5.1. Распределение персонала ННЦ ХФТИ по возрастным группам

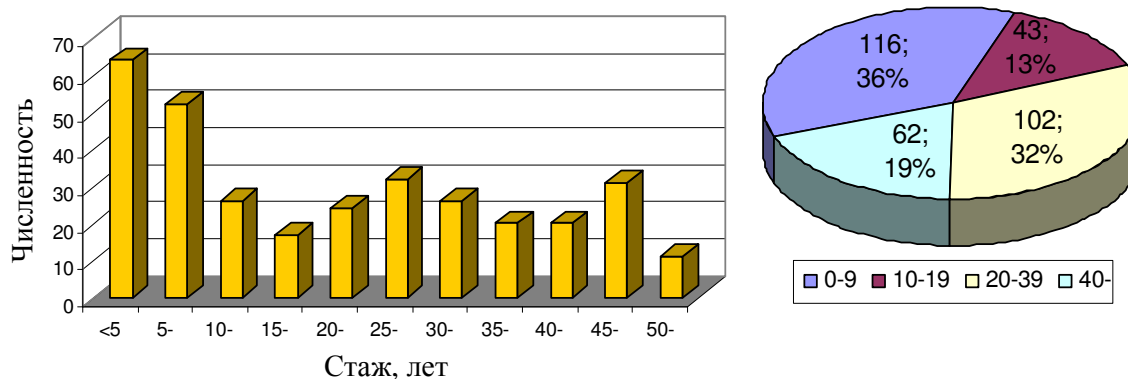


Рис. 5.2. Распределение персонала ННЦ ХФТИ по стажу работы с ИИИ

Таблица 5.2

Накопленные эффективные дозы персонала ННЦ ХФТИ

Персонал	Накопленная доза, мЗв		
	мин.	средняя	макс.
Весь	0,08	63,56	577,97
Мужчины	0,21	65,57	577,97
Женщины	0,08	51,43	179,64

Таблица 5.3

Распределение персонала ННЦ ХФТИ по накопленной дозе

Доза, мЗв	<10	10-	25-	50-	100-	150-	200-	250-	300-	350-	400-	450-	500-
Число людей	75	63	53	51	27	40	11	1	1	0	0	0	1

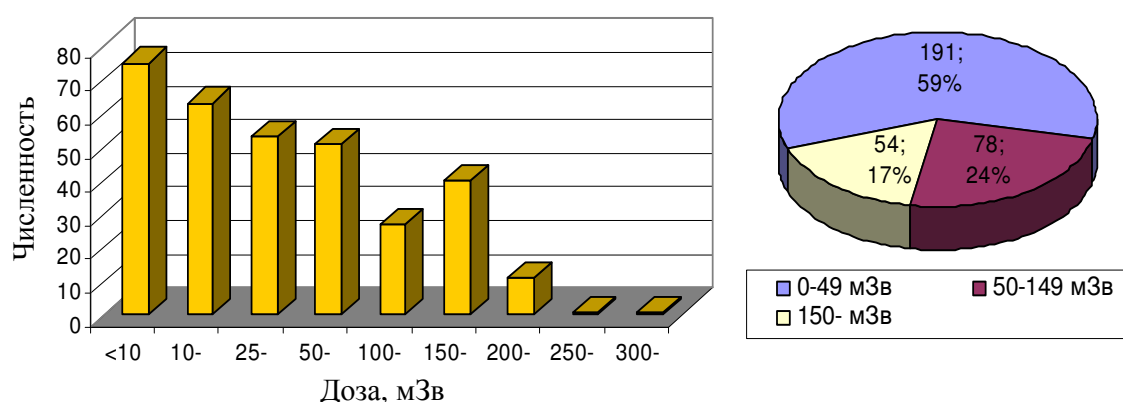


Рис. 5.3. Распределение персонала ННЦ ХФТИ по накопленной дозе

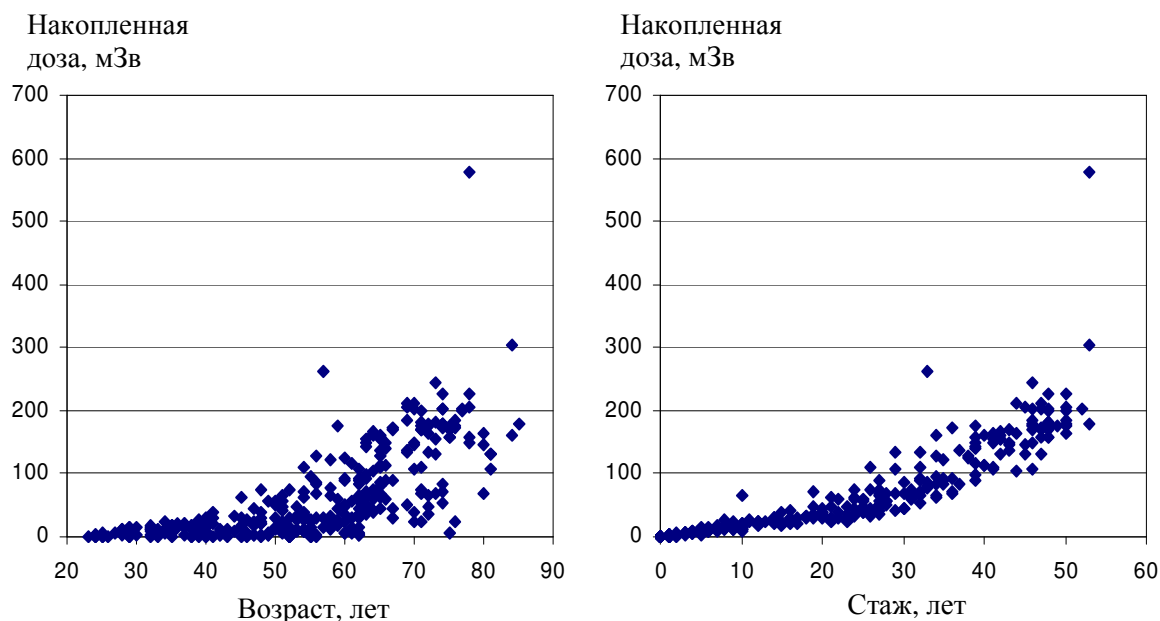


Рис. 5.4. Зависимость накопленной дозы от возраста и стажа

Таблица 5.4

Тренд средней, минимальной и максимальной годовой дозы

Год	Количество людей на ИДК	Минимальная доза, мЗв	Средняя доза, мЗв	Максимальная доза, мЗв
1957	2	1,4	13,4	25,4
1958	9	0,9	8,04	45,3
1959	13	0,7	7,74	30,5
1960	12	0,6	5,8	20,3
1961	13	2,3	11,4	40,3
1962	17	0,4	4,48	10,2
1963	30	0,1	5,94	35,7
1964	36	0,2	3,66	18,6
1965	42	0,1	4,34	19,1
1966	49	0,1	2,62	14,6
1967	50	0,3	3,55	13,8
1968	61	0,4	4,53	18,1
1969	67	0,4	3,74	18
1970	71	0,2	3,33	32,5
1971	73	0,3	3,32	30,2
1972	79	0,2	2,6	12,5
1973	80	0,2	2,62	6,7
1974	82	2,2	18,51	49,9
1975	88	1,1	14,18	43
1976	96	1,8	8,92	30,9
1977	100	0,6	4,97	21,8
1978	105	0,4	7,22	28,8
1979	111	0,3	4,73	23,6
1980	115	0,1	3,82	17,3
1981	121	0,2	3,33	17,8
1982	120	1,1	3,23	31,7
1983	125	0,2	3,02	11,9
1984	134	0,5	2,86	13,6
1985	141	0,1	3,49	12,6
1986	149	0,4	3,59	15,9
1987	149	0,2	2,58	7,9
1988	146	0,4	3,51	12,5
1989	151	0,6	4,29	143,1
1990	154	0,2	3,44	12,6
1991	160	0,4	2,22	6,4
1992	162	0,6	2,54	7
1993	165	0,1	1,75	4,2
1994	163	0,1	1,11	2,2

Год	Количество людей на ИДК	Минимальная доза, мЗв	Средняя доза, мЗв	Максимальная доза, мЗв
1995	169	0,1	0,88	1,9
1996	169	0,2	1,23	2,7
1997	175	0,2	1,46	3
1998	176	0,3	1,82	6,1
1999	179	0,1	1,79	5,6
2000	167	0,3	1,93	5,1
2001	190	0,2	1,9	5,3
2002	209	0,1	1,78	4,7
2003	221	0,5	1,82	4
2004	234	0,1	1,54	3,7
2005	242	0,2	1,51	3,9
2006	252	0,2	1,58	4,7
2007	261	0,1	1,52	3,2
2008	270	0,2	1,58	3
2009	285	0,2	1,63	3,25
2010	302	0,2	1,8	4,36
2011	323	0,08	1,18	2,9

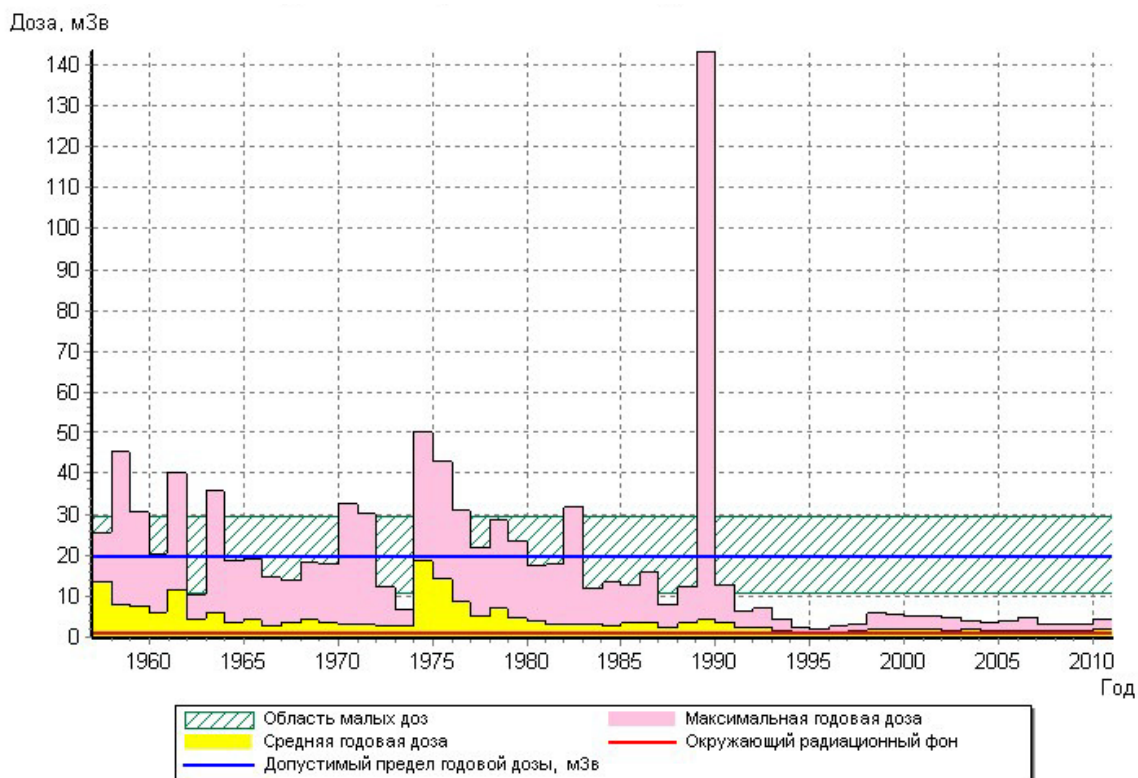


Рис. 5.5. Тренд средней и максимальной дозы по работающим в настоящее время сотрудникам ННЦ ХФТИ. Сравнение с окружающим радиационным фоном и областью малых доз

5.2. Расчет радиационных рисков сотрудников ННЦ ХФТИ по модели UNSCEAR-94

Таблица 5.5

Избыточные: относительный (ERR, %), атрибутивный (AR, %) и абсолютный (EAR, $\cdot 10^{-3}$) радиационные риски по различным локализациям. Минимальные, средние и максимальные значения

Локализация	Расчетный год	ERR, %			AR, %			EAR, ($\cdot 10^{-3}$)		
		Мин.	Среднее	Макс.	Мин.	Среднее	Макс.	Мин.	Среднее	Макс.
Мочевой пузырь	2011	0,00	6,96	66,84	0,00	5,97	40,06	0,0	0,059	0,737
	2013	0,00	6,53	67,18	0,00	5,59	40,19	0,0	0,057	0,950
	2021	0,01	8,05	69,12	0,01	6,87	40,87	0,0	0,080	0,783
Печень	2011	0,00	3,63	39,27	0,00	3,31	28,20	0,0	0,006	0,062
	2013	0,00	3,33	39,33	0,00	3,04	28,23	0,0	0,006	0,085
	2021	0,00	3,79	36,60	0,00	3,47	28,37	0,0	0,007	0,093
Органы дыхания	2011	0,00	3,52	28,27	0,00	3,22	22,04	0,0	0,077	0,786
	2013	0,00	3,34	28,46	0,00	3,05	22,15	0,0	0,070	0,738
	2021	0,01	4,23	29,58	0,01	3,84	22,83	0,0	0,083	0,506
Ободочная кишка	2011	0,00	2,24	20,46	0,00	2,12	16,98	0,0	0,022	0,251
	2013	0,00	2,06	20,48	0,00	1,95	17,00	0,0	0,021	0,316
	2021	0,00	2,32	20,59	0,00	2,20	17,08	0,0	0,027	0,264
Все солидные раки	2011	0,00	1,99	18,42	0,00	1,90	15,56	0,0	0,265	2,962
	2013	0,00	1,83	18,45	0,00	1,74	15,58	0,0	0,246	3,529
	2021	0,00	2,08	18,59	0,00	1,99	15,67	0,0	0,303	2,911
Лейкемии	2011	0,10	10,07	58,74	0,10	8,50	37,00	0,0	0,012	0,053
	2013	0,06	9,66	55,46	0,06	8,07	35,67	0,0	0,012	0,050
	2021	0,03	3,70	105,56	0,03	3,33	51,35	0,0	0,007	0,057
Все раки	2011	0,00	2,31	18,3696	0,00	2,21	15,52	0,0	0,278	3,015
	2013	0,00	2,12	18,3715	0,00	2,03	15,52	0,0	0,258	3,579
	2021	0,00	2,13	18,45	0,00	2,03	15,57	0,0	0,310	2,939

В табл. 5.5 значение атрибутивного риска AR_{ALL} по всем ракам вычислялось как отношение вероятности онкозаболевания (солидным раком или лейкозом) в результате облучения EAR_{ALL} к суммарной вероятности онкозаболевания в данном возрасте с учетом облучения m_{ALL} . Значение относительного риска ERR_{ALL} по всем ракам вычислялось как отношение вероятности онкозаболевания (солидным раком или лейкозом) в результате облучения EAR_{ALL} к суммарной фоновой вероятности онкозаболевания в данном возрасте m_{0ALL} .

Как видно из этой таблицы, значения относительного риска рака по локализациям могут быть в несколько раз выше, чем в целом по всем видам рака. Это обусловлено различными значениями фоновой заболеваемости, т. е. вклад радиации в прирост вероятности заболеть определенным видом рака может превышать 100 %, но при этом сама вероятность заболеть данным видом рака остается на порядок–другой ниже, чем вероятность заболеть другими видами рака в данном возрасте.

5.2.1. Распределение персонала ННЦ ХФТИ по значениям атрибутивного, абсолютного и относительного радиационных рисков



Рис. 5.6. Распределение персонала ННЦ ХФТИ по индивидуальным атрибутивным рискам солидных раков и лейкомии на 2021 г.

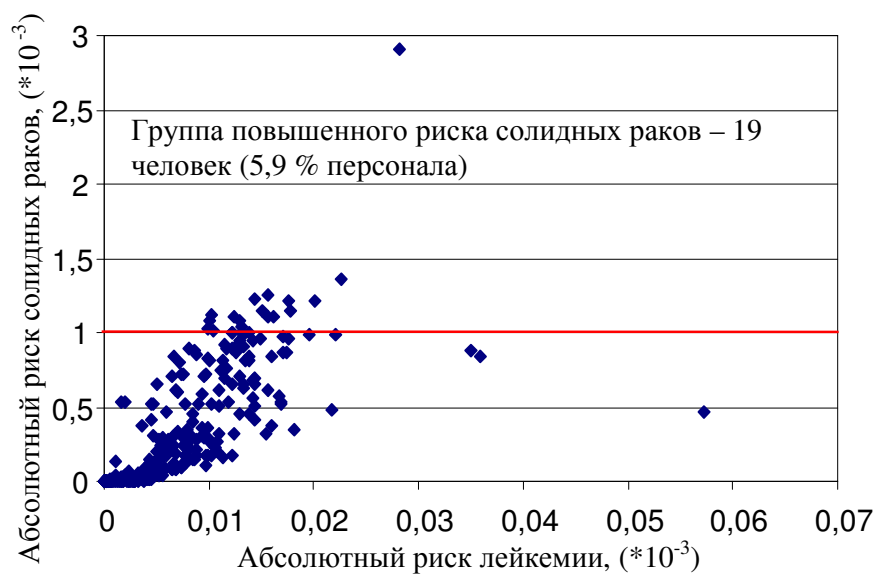


Рис. 5.7. Распределение персонала ННЦ ХФТИ по индивидуальным абсолютным рискам солидных раков и лейкемии на 2021 г.

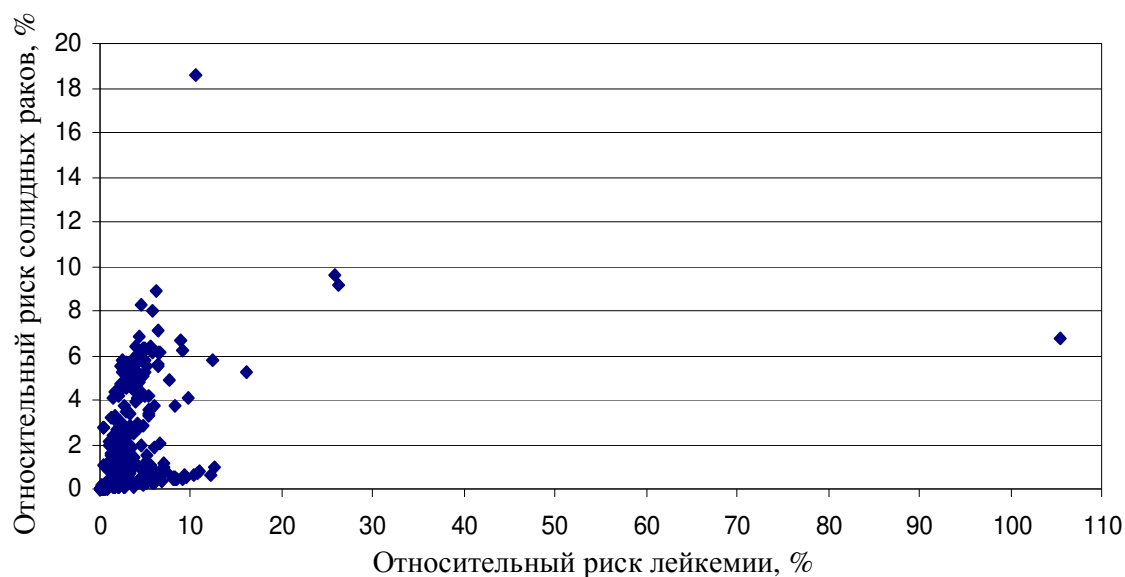


Рис. 5.8. Распределение персонала ННЦ ХФТИ по индивидуальным относительным рискам солидных раков и лейкемии на 2021 г.

Распределение суммарного абсолютного избыточного радиационного риска солидных раков и лейкемии на 2021 г. в зависимости от стажа работы показано на рис. 5.9.

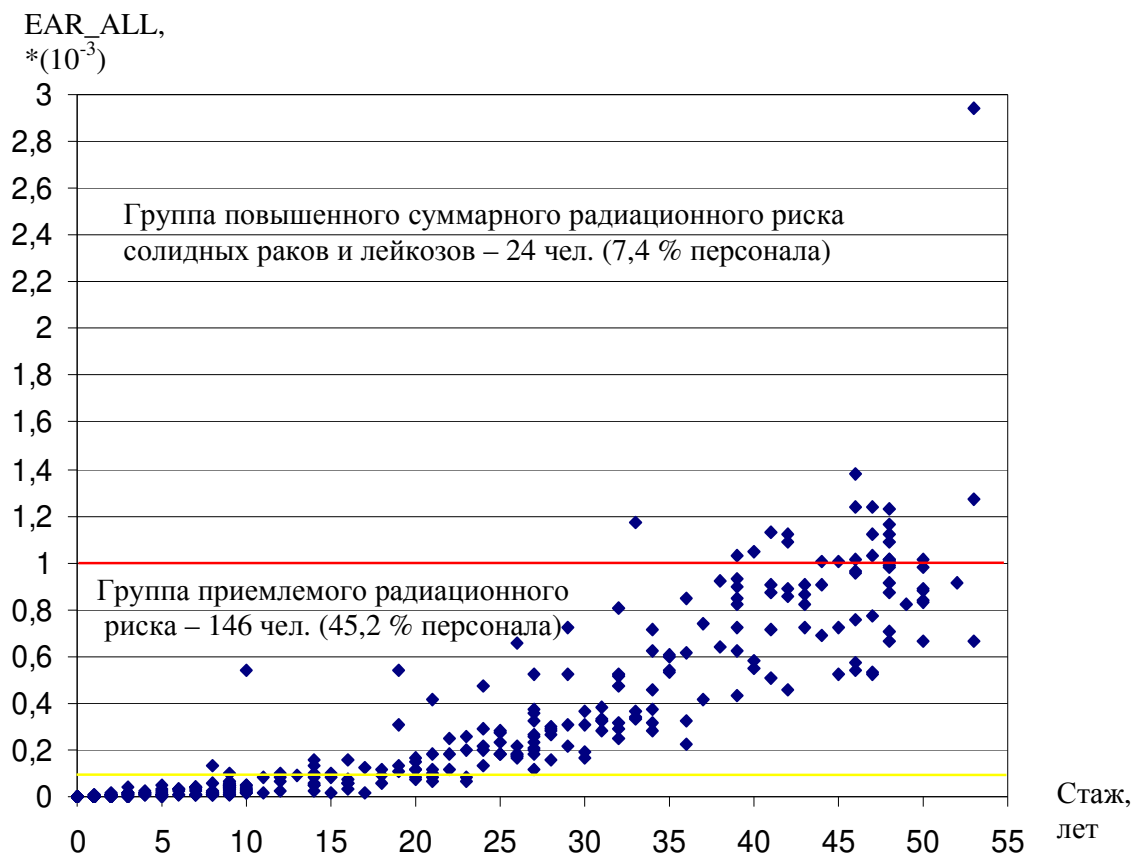


Рис. 5.9. Распределение значений суммарного избыточного абсолютного радиационного риска солидных раков и лейкозов на 2021 г. в зависимости от стажа работы

5.2.2. Характеристика групп абсолютного радиационного риска

Таблица 5.6

Численная характеристика групп риска

Расчет- ный год*	Число людей на ИДК	Соотношение групп риска, %			Состав групп риска, количество людей		
		< 10 ⁻⁴	10 ⁻⁴ ...10 ⁻³	> 10 ⁻³	< 10 ⁻⁴	10 ⁻⁴ ...10 ⁻³	> 10 ⁻³
2011	287	54,7	44,6	4,2	147	128	12
2013	323	55,4	39,3	5,3	179	127	17
2021	323	47,4	45,2	7,4	153	146	24

*Расчетный год – год, на который производится расчет суммарного абсолютного избыточного радиационного риска солидных раков и лейкозов EAR_{ALL} , с учетом десятилетнего латентного периода солидных раков и двухлетнего латентного периода лейкозов.

5.2.3. Характеристика персонала по группам абсолютного радиационного риска EAR_{ALL}

Таблица 5.7

Значения EAR_{ALL} на 2011 г., в расчет вошли 287 человек

Значение показателя	Возраст, лет	Стаж, лет	Накопленная доза ⁷ , мЗв	AR_{SOL} , %	AR_{LEU} , %	EAR_{ALL} , (*10 ⁻³)
Группа повышенного риска, 12 человек (4,2 % персонала)						
Мин.	70	46	167,47	4,91	4,04	1,0221
Среднее	73	48	238,01	6,69	7,28	1,3284
Макс.	84	53	574,90	15,56	13,60	3,0148
Группа приемлемого риска, 128 человек (44,6 % персонала)						
Мин.	51	10	32,85	0,46	0,53	0,1000
Среднее	67	36	111,61	3,33	6,20	0,4761
Макс.	76	53	258,80	8,05	19,75	0,9941
Группа пренебрежимо малого риска, 147 человек (54,7 % персонала)						
Мин.	25	2	0,20	0,00	0,10	0,0000
Среднее	47	11	16,72	0,26	10,60	0,0189
Макс.	85	31	69,94	2,13	37,00	0,0972

Таблица 5.8

Значения EAR_{ALL} на 2013 г., в расчет вошли 323 человек

Значение показателя	Возраст, лет	Стаж, лет	Накопленная доза, мЗв	AR_{SOL} , %	AR_{LEU} , %	EAR_{ALL} , (*10 ⁻³)
Группа повышенного риска, 17 человек (5,3 % персонала)						
Мин.	69	44	170,03	4,79	3,94	1,0012
Среднее	72	47	228,44	6,28	7,33	1,2560
Макс.	84	53	577,97	15,58	12,27	3,5785
Группа приемлемого риска, 127 человек (39,3 % персонала)						
Мин.	48	10	34,29	0,54	1,10	0,1029
Среднее	66	35	109,43	3,27	6,03	0,4615
Макс.	76	53	262,30	8,59	25,10	0,9895
Группа пренебрежимо малого риска, 179 человек (55,4 % персонала)						
Мин.	23	0	0,08	0,00	0,06	0,0000
Среднее	44	8	15,36	0,23	9,60	0,0185
Макс.	76	28	63,83	1,99	35,67	0,0957

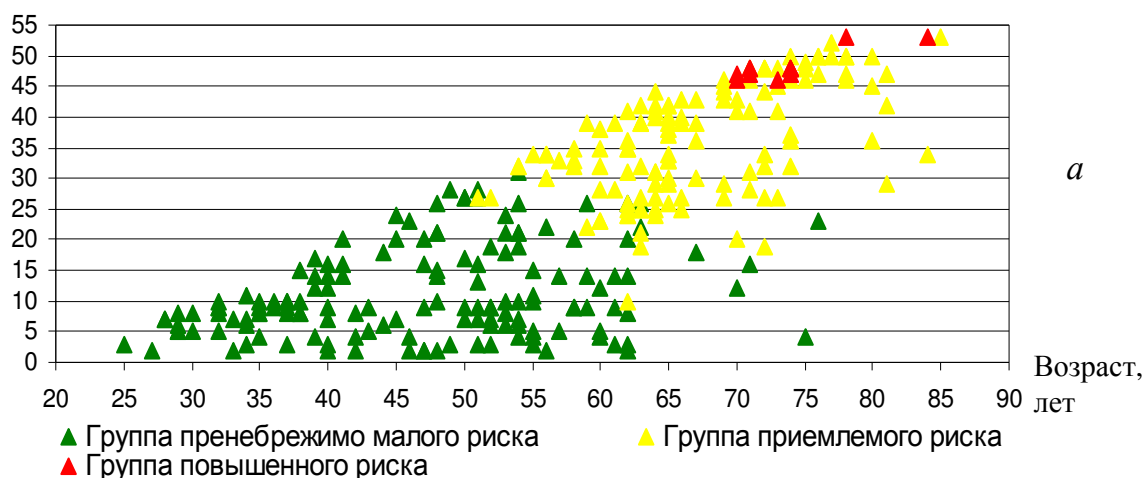
⁷ Накопленная доза, принимаемая в расчет рисков, с учетом латентного периода.

Таблица 5.9

Значения EAR_{ALL} на 2021 г., в расчет вошли 323 человек

Значение показателя	Возраст, лет	Стаж, лет	Накопленная доза, мЗв	AR_{SOL} , %	AR_{LEU} , %	EAR_{ALL} , ($\cdot 10^{-3}$)
Группа повышенного риска, 24 человека (7,4 % персонала)						
Мин.	57	33	150,25	4,92	2,31	1,0014
Среднее	70	45	211,49	6,05	4,22	1,1853
Макс.	84	53	577,97	15,67	9,48	2,9394
Группа приемлемого риска, 146 человек (45,2 % персонала)						
Мин.	45	8	23,09	0,49	0,37	0,1000
Среднее	64	32	93,94	3,01	3,82	0,4648
Макс.	85	53	227,58	8,79	51,35	0,9873
Группа пренебрежимо малого риска, 153 человека (47,4 % персонала)						
Мин.	23	0	0,08	0,00	0,03	0,0001
Среднее	43	6	11,37	0,38	2,73	0,0253
Макс.	76	23	39,05	1,51	11,12	0,0983

Стаж, лет



Стаж, лет

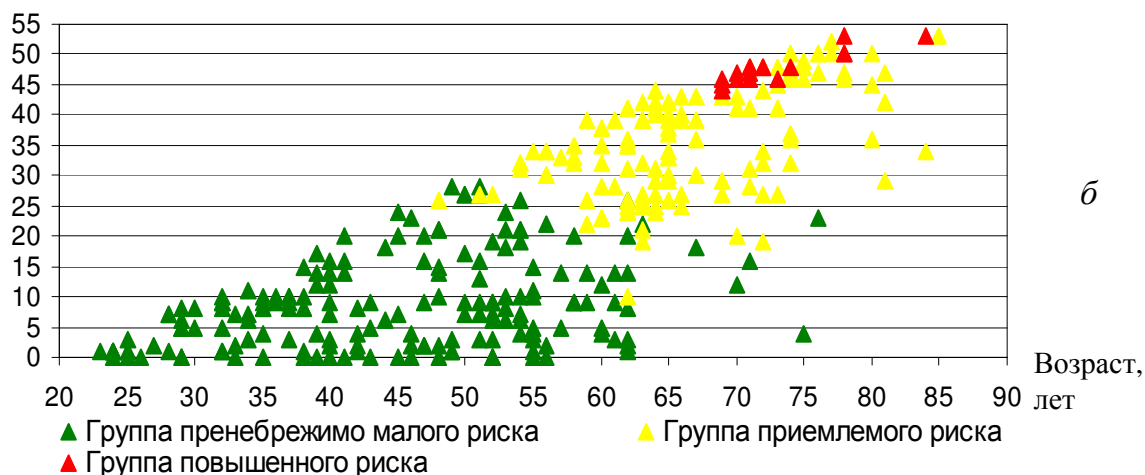


Рис. 5.10. Распределение персонала из различных групп абсолютного радиационного риска по возрасту и стажу на 2011 г. (а), 2013 г. (б)

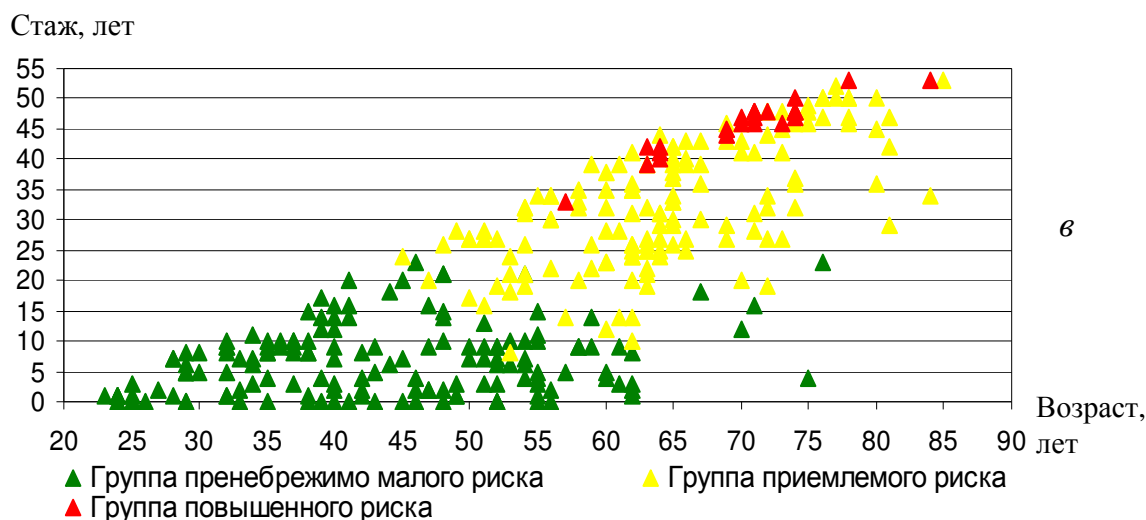


Рис. 5.10. Распределение персонала из различных групп абсолютного радиационного риска по возрасту и стажу на 2021 г. (в)

5.2.4. Характеристика персонала групп потенциального атрибутивного радиационного риска

Таблица 5.10

Группа потенциального атрибутивного радиационного риска на 2011 г.,
1 человек

Возраст, лет	Стаж, лет	Накопленная доза, мЗв	AR_{SOL} , %	AR_{LEU} , %	EAR_{ALL} , ($\cdot 10^{-3}$)	EAR_{SOL} , ($\cdot 10^{-3}$)
78	53	574,90	15,56	13,60	3,0148	2,9616

Таблица 5.11

Группа потенциального атрибутивного радиационного риска на 2013 г.,
1 человек

Возраст, лет	Стаж, лет	Накопленная доза, мЗв	AR_{SOL} , %	AR_{LEU} , %	EAR_{ALL} , ($\cdot 10^{-3}$)	EAR_{SOL} , ($\cdot 10^{-3}$)
78	53	577,97	15,58	12,27	3,5785	3,5287

Таблица 5.12

Группа потенциального атрибутивного радиационного риска на 2021 г.,
2 человека

Пол	Возраст, лет	Стаж, лет	Накопленная доза, мЗв	AR_{SOL} , %	AR_{LEU} , %	EAR_{ALL} , ($\cdot 10^{-3}$)
М	78	53	577,97	15,67	9,48	2,9394
Ж	78	47	158,42	6,35	51,35	0,5220

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно существующим международным стандартам, а также действующим в Украине нормам радиационной безопасности (НРБУ-97), предел индивидуального пожизненного абсолютного радиационного риска для персонала составляет 10^{-3} в год.

По моделям радиационных рисков UNSCEAR-94 НКДАР ООН были рассчитаны величины относительного, атрибутивного и абсолютного индивидуальных радиационных рисков для персонала ННЦ ХФТИ, состоящего на индивидуальном дозиметрическом контроле. На основе значений абсолютных индивидуальных радиационных рисков были сформированы группы пренебрежимо малого, приемлемого и повышенного радиационных рисков.

Результаты расчетов индивидуальных абсолютных радиационных рисков на 2021 г. (с учетом 10-летнего латентного периода солидных раков и 2-летнего латентного периода лейкемии) показали: из числа работающих с ИИИ в настоящее время сотрудников ННЦ ХФТИ пренебрежимо малому радиационному риску (менее 10^{-4}) подвержены 153 человека (47,4 % персонала), приемлемому ($10^{-4} \dots 10^{-3}$) – 146 человек (45,2 % персонала), повышенному (свыше 10^{-3}) – 24 человека (7,4 % персонала).

Для последней категории средняя накопленная доза составляет 211,49 мЗв, средний возраст – 70 лет, средний стаж на ИДК – 45 лет. Очевидно, что в эту группу входят работники, принимавшие участие в становлении атомной отрасли на начальных этапах ее развития.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. IAEA. Development of extended framework for emergency response criteria. Interim report for comments, IAEA TECDOC-1432, IAEA, Vienna, 2004.
2. IAEA. Dangerous quantities of radioactive material (D-values). EPR-D-Values, IAEA, Vienna, 2006.
3. UNSCEAR. Epidemiological evaluation of radiation-induced cancer. Annex I to UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly. Sources and Effects of Ionizing Radiation. N.-Y.: United Nations, Vol. II, 297-450, 2000.
4. В.К. Иванов, А.Ф. Цыб, А.П. Панфилов, А.М. Агапов. *Оптимизация радиационной защиты: «Дозовая матрица»*. М.: «Медицина», 2006, 304 с.
5. Ю.П. Курило, А.В. Мазилев, Л.Л. Стадник и др. Формирование групп потенциального риска на объектах атомной промышленности: *Тезисы докладов V конференции по физике высоких энергий, ядерной физике и ускорителям. 26 февраля – 2 марта 2007 г., Харьков*, с. 99-100.
6. Публикация 103 МКРЗ, 2007 г.
7. Нормы радиационной безопасности Украины (НРБУ-97). Государственные гигиенические нормативы. Киев, 1998.
8. Публикация 103 МКРЗ, 2007 г.
9. International Commission on Radiological Protection, ICRP, 2003a.
10. Н.Г. Гусев, П.П. Дмитриев. *Квантовое излучение радиоактивных нуклидов*: Справочник. М.: «Атомиздат», 1977.
11. Доклад Международного комитета ООН по действию атомной радиации, 1994 г.
12. Барабой Вилен Абрамович. *От Хиросимы до Чернобыля*. Киев: «Наукова думка», 1991, 128 с.
13. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). Sources and effects of ionizing radiation. New York. 1994. United Nation. III8.
14. Methods for estimating the probability of cancer from occupational radiation exposure // *International Atomic Energy Agency (IAEA), April 1996, IAEA-TECDOC-870*. Vienna: IAEA, 1996, p. 55.
15. Бюлетень Національного канцер-реєстру №11 «Рак в Україні, 2008-2009».
16. R. Wakeford, B.A. Antell, W.J. Leigh. A review of probability of causation and its use in a compensation scheme for nuclear workers in the United Kingdom // *Health Phys.* 1998, v. 74, p. 1–9.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. ОСНОВНЫЕ ФОРМЫ ПРОГРАММЫ

ИАС ИДК Национального Научного Центра "Харьковский физико-технический институт НАНУ"

Личные данные Профмаршрут с ИИИ Просмотр

Все учреждения ☐ Ф.И.О.

☒ работающие ☒ в настоящее время ☐ личный №

☐ уволенные ☐ с 3 кв. 2011 г. по 3 кв. 2011 г. ☐ идентиф. №

Личн. №	Фамилия	Имя	Отчество	Пол	Дата рождения	Предыдущая фамилия	Идентиф. номер	№
22	Автушко	Анатолий	Андреевич	м	28.06.1937			1
58	Азаров	Александр	Иванович	м	17.08.1950			2
169	Азарцов	Михаил	Петрович	м	01.01.1954			3
59	Айзацкий	Николай	Иванович	м	19.08.1951			4
74	Акчурин	Юрий	Искандерович	м	16.02.1937			5
105	Ананийчук	Мария	Степановна	ж	23.08.1940			6
165	Андреев	Дмитрий	Георгиевич	м	09.06.1959			7
1670	Анохин	Роман	Александрович	м	19.07.1988			8
1695	Артюшенко	Марина	Юрьевна	ж	04.09.1987			9
41	Асипчиков	Александр	Александрович	м	22.04.1957			10
669	Астахов	Александр	Михайлович	м	15.06.1979			11
523	Афанасьев	Сергей	Николаевич	м	22.10.1973			12
614	Бабенко	Александр	Владимирович	м	01.01.1963			13
100	Бабенко	Валерий	Валентинович	м	01.01.1969			14
655	Бажанов	Евгений	Петрович	м	10.06.1957			15
1698	Бакай	Светлана	Алексеевна	ж	22.03.1978			16
189	Баранков	Андрей	Иванович	м	29.04.1969			17
541	Баранкова	Вера	Максимовна	ж	24.07.1939			18
1687	Барон	Демьян	Ильич	м	03.08.1966			19
1677	Безкоровайный	Михаил	Николаевич	м	21.11.1969			20
667	Белашенко	Николай	Якович	м	15.12.1952			21
1682	Белик	Вадим	Николаевич	м	09.11.1973			22
1672	Белкин	Фёдор	Валерьевич	м	15.02.1983			23
35	Белоглазов	Владимир	Иванович	м	12.02.1933			24
644	Беляев	Андрей	Анатольевич	м	13.03.1957			25
Всего:		328						

Рис. ПА 1. Форма «Личные данные»

ИАС ИДК Национального Научного Центра "Харьковский физико-технический институт НАНУ"

Личные данные Профмаршрут с ИИИ Просмотр

Все учреждения ☐ Ф.И.О.

☒ работающие ☒ в настоящее время ☐ личный №

☒ уволенные ☐ с 1 кв. 2011 г. по 1 кв. 2011 г. ☐ идентиф. №

№	Личн. №	Ф.И.О.	Стаж работы с ИИИ		
			лет	мес.	дней
1	170	Красников Алексей Андреевич	53	11	0
2	602	Марченко Дмитрий Степанович	53	8	19
3	115	Крамской Григорий Дмитриевич	53	0	0
4	571	Толстой Анатолий Ефимович	52	2	1
5	151	Шраменко Борис Иванович	50	11	1

1 из 1723

Красников Алексей Андреевич 170

Профмаршрут с ИИИ:

№	Дата начала работ с ИИИ	Отдел	Должность	Дата окончания работ с ИИИ	Стаж работы с ИИИ		
					лет	мес.	дней
1	01.01.1958	РиПТБ	Начальник отдела	31.12.1979	22	0	0
2	01.01.1980	75-00	Зам. главного инженера		31	11	0

Всего: 2

Рис. ПА 2. Форма «Профмаршрут с ИИИ»

Личные данные Профмаршрут с ИИИ Внесение результатов ИДК Просмотр

Все учреждения ☐ Ф.И.О.

☒ работающие ☐ в настоящее время ☐ личный №

☐ уволенные ☐ с 4 кв. 2010 г. по 4 кв. 2010 г. ☐ идентиф. №

Личный номер 59 Айзацкий Николай Иванович Идентиф. № Пол М

Год	Кв.	Доза, мЗв				за год
		бета	гамма	нейтр. быстр.	нейтр. медл.	
1979	1	0,10	0,30	0,10		0,50
	2		0,00			0,00
	3	0,70	0,00			0,70
	4	0,20	0,00	0,20		0,40
1980	1	0,20	2,00	0,30	0,20	2,70
	2	0,10	0,00			0,10
	3	0,30	0,30			0,60
	4	0,80	0,80			1,60
1981	1	0,30	0,40			0,70
	2	0,20	0,20	0,20		0,60
	3		0,00			0,00
	4	0,20	0,50	0,10		0,80
1982	1	0,20	0,30			0,50
	2	0,40	0,00	0,20		0,60
	3	0,20	0,20			0,40
	4	0,40	0,10	0,40		0,90
1983	1	0,40	0,20	0,20		0,80
	2	0,60	0,20	0,30		1,10

Видимые колонки: ☒ бета ☒ гамма ☒ нейтр. быстр. ☒ нейтр. медл. ☐ альфа

☐ итоговая строка

4 из 318

По отделам По ННЦ ХФТИ Дозиметрическая карточка Статистика

а

Личные данные Профмаршрут с ИИИ Внесение результатов ИДК Просмотр

Год 2010 Квартал I-IV Отдел 35-00 Вид излучения гамма

№	Должность	Ф.И.О.	лич.№	Эквивалентная доза на тело Нр(10), мЗв			
				1 кв.	2 кв.	3 кв.	4 кв.
1	Директор	Довбня А.Н.	101	0,26	0,36	0,51	0,24
2	Зам. директора по н.р.	Айзацкий Н.И.	59	0,48	0,38	0,56	0,49
3	Зам. директора по н.т.р.	Регихов О.А.	60	0,34	0,54	0,58	0,42
4	Зам. главного инженера	Должек М.А.	61	0,38	0,35	0,52	0,41
5	Старший кассир	Ананйчук М.С.	105	0,19	0,31	0,29	0,23
6	Начальник лаборатории	Борискин В.Н.	593	0,44	0,46	0,44	0,47
7		Кушнир В.А.	142	0,54	0,43	0,51	0,42
8		Ранюк Ю.Н.	137	0,21	0,23	0,34	0,24
9		Тур Ю.Д.	589	0,43	0,28	0,31	0,24
10		Уваров В.Л.	128	0,39	0,45	0,41	0,39
11		Шендриг В.А.	572	0,34	0,41	0,43	0,35
12	Начальник группы	Белоглазов В.И.	35	0,32	0,29	0,32	0,25
13		Биллер Е.З.	561	0,25	0,31	0,41	0,31
14		Дронов Р.Н.	576	0,39	0,41	0,43	0,51
15		Ивахненко А.В.	77	0,38	0,33	0,31	0,39
16		Косой А.И.	67	0,46	0,59	0,65	0,55
17		Мамот В.А.	575	0,57	0,54	0,43	0,48
18		Нещерет С.Ф.	69	0,47	0,41	0,41	0,49
19		Никитина Т.Ф.	70	0,34	0,29	0,32	0,33
20		Репринцев Л.В.	583	0,37	0,43	0,44	0,51
21		Сарвилов А.А.	83	0,26	0,37	0,41	0,41
22		Стёпин Д.Л.	149	0,44	0,45	0,62	0,39
23	Начальник службы	Кормильцев А.А.	94	0,49	0,39	0,31	0,33
24	Начальник уск. установки	Верещака В.Н.	112	0,41	0,55	0,56	0,52
Всего:			158				

По отделам По ННЦ ХФТИ Дозиметрическая карточка Статистика

б

Рис. ПА 3. Формы для внесения доз: а – дозиметрическая карточка; б – по отделам

Профмаршрут с ИИИ Внесение результатов ИДК Просмотр Форма 1 - ИДК

Год 1957 Квартал 1 Вид излучения Все

☐ личный № ☐ Ф.И.О.

№	Отдел	Должность	Ф.И.О	п.№	Вид излучения	Эквивалентная доза на тело Нp(10), мЗв	Прев. КУ кв.= 5 мЗв
1	31-00	Н.с.	Антуфьев Ю.П.	449	бета		
2					гамма	6,70	!
3					нейтр. б.		
4					нейтр. м.		
5		Инженер	Гончаров К.С.	692	бета		
6					гамма	2,40	
7					нейтр. б.		
8					нейтр. м.		
9		Техник-лаборант	Ключко И.Н.	402	бета		
10					гамма	16,40	!
11					нейтр. б.		
12					нейтр. м.		
13		Лаборант	Надточий И.Ф.	342	бета		
14					гамма	12,40	!
15					нейтр. б.		
16					нейтр. м.		
17		Подсобный рабочий	Литвин А.Н.	417	бета		
18					гамма	13,20	!
19					нейтр. б.		
20					нейтр. м.		
21	36-00	С.н.с.	Львов А.Н.	434	бета		
22					гамма	19,90	!
23					нейтр. б.		
24					нейтр. м.		

По отделам По ННЦ ХФТИ Дозиметрическая карточка Статистика

6

Рис. ПА 3. Формы для внесения доз: в – по ННЦ ХФТИ

Личные данные Профмаршрут с ИИИ Внесение результатов ИДК Просмотр

В цифрах Детально

Год Все года

№	Год	Отделов			Людей		
		всего	набито	не набито	всего	набито	не набито
1	2011	18	0	18	318	0	318
2	2010	18	18	0	329	329	0
3	2009	17	17	0	321	321	0
4	2008	17	17	0	331	331	0
5	2007	17	17	0	337	337	0
6	2006	17	17	0	338	338	0
7	2005	17	17	0	337	337	0
8	2004	19	19	0	327	327	0
9	2003	21	21	0	316	316	0
10	2002	21	21	0	299	299	0
11	2001	21	21	0	265	265	0
12	2000	22	22	0	244	244	0
13	1999	24	24	0	311	311	0
14	1998	24	24	0	311	311	0
15	1997	25	25	0	321	321	0
16	1996	24	24	0	327	327	0
17	1995	26	26	0	332	332	0
18	1994	26	26	0	331	331	0
19	1993	28	28	0	423	423	0
20	1992	28	28	0	467	467	0
21	1991	28	28	0	556	555	1
22	1990	28	28	0	586	585	1
23	1989	28	28	0	584	583	1
24	1988	28	28	0	602	601	1
25	1987	27	27	0	640	639	1

Период доз. контроля - 55 лет

По отделам По ННЦ ХФТИ Дозиметрическая карточка Статистика

а

Рис. ПА 4. Формы «Статистика внесения доз»: а – в цифрах

Личные данные Профмаршрут с ИИИ Внесение результатов ИДК Просмотр Контроль

В цифрах Детально

Перечень людей, у которых не внесены дозы в 2011 году

№	Отдел	Должность	Ф.И.О.	п.№
1	11-80	Лаборант	Чечина М.В.	1665
2	14-00	Н.с.	Толстолуцкая Г.Д.	617
3		М.н.с.	Борисенко В.Н.	665
4			Петрусенко Ю.Т.	666
5		Инженер	Астахов А.М.	669
6			Баранков Д.Ю.	664
7			Мельниченко В.В.	1
8			Попов В.Ф.	668
9		Инж.-исследователь	Пермяков А.В.	5
10		Ст. лаборант	Копанец И.Е.	618
11		Лаборант	Автушко А.А.	22
12			Гоженко С.В.	856
13			Гожиенко А.К.	2
14			Крайнюк Е.А.	538
15			Луценко В.Д.	619
16			Мищенко П.А.	536
17			Руденко А.Г.	537
18	24-00	Инженер	Лодыгина М.С.	638
19		Инж.-иссл. 1 кат.	Ладыгина М.С.	640
20		Лаборант	Марченко А.К.	1676
21	31-00	Н.с.	Немашкало Б.А.	340
22		Инженер	Глазунов Л.С.	301
23			Никитин А.В.	620
24		Лаборант	Митрофанов Н.В.	490
				Всего: 318

По отделам По НИЦ ХФТИ Дозиметрическая карточка Статистика

Рис. ПА 4. Формы «Статистика внесения доз»: б – детально

Отделы Должности Внесение результатов ИДК Просмотр

Категория

- Учреждение
- Институт
- Отдел

Структура учреждения

- НИЦ "ХФТИ НАНУ"
 - Институт 10-00
 - Отдел 11-80
 - Отдел 12-10
 - Отдел 13-00
 - Отдел 14-00
 - Отдел 15-00
 - Отдел 16-00
 - Отдел 17-00
 - Отдел 18-00
 - Отдел 19-00
 - Институт 20-00
 - Отдел 21-00
 - Отдел 22-00
 - Отдел 23-00
 - Отдел 24-00
 - Отдел 27-00
 - Институт 30-00
 - Отдел 31-00
 - Отдел 32-00
 - Отдел 33-00
 - Отдел 34-00
 - Отдел 35-00
 - Отдел 36-00

Наименование: 21-00
 Категория места работы: Отдел
 Вышестоящее учреждение / подразделение: Институт 20-00

Редактировать Отмена

Рис. ПА 5. Форма «Отделы»

Должности Внесение результатов ИДК Просмотр

№	Учреждение	Должность	Позиция в отчете
70	ННЦ "ХФТИ НАНУ"	Оператор	70
71	ННЦ "ХФТИ НАНУ"	Ст. мастер	71
72	СМЧС №13	Мастер	72
73	ННЦ "ХФТИ НАНУ"	Аппаратчик	73
74	ННЦ "ХФТИ НАНУ"	Ст. механик	74
75	ННЦ "ХФТИ НАНУ"	Помощник диспетчера	75
76	ННЦ "ХФТИ НАНУ"	Рабочий	76
77	ННЦ "ХФТИ НАНУ"	Электрик	77
78	ННЦ "ХФТИ НАНУ"	Электрик-монтажёр	78
79	ННЦ "ХФТИ НАНУ"	Машинист установки	79
80	ННЦ "ХФТИ НАНУ"	Токарь	80
81	ННЦ "ХФТИ НАНУ"	Радио-монтажник	81
82	ННЦ "ХФТИ НАНУ"	Слесарь	82
83	ННЦ "ХФТИ НАНУ"	Слесарь-трубопроводчик	83
84	ННЦ "ХФТИ НАНУ"	Слесарь-сантехник	84
85	ННЦ "ХФТИ НАНУ"	Слесарь-ремонтник	85
86	ННЦ "ХФТИ НАНУ"	Крановщик	86
87	ННЦ "ХФТИ НАНУ"	Сварщик	87
88	ННЦ "ХФТИ НАНУ"	Стартер	88
89	ННЦ "ХФТИ НАНУ"	Столяр	89
90	ННЦ "ХФТИ НАНУ"	Подсобный рабочий	90
91	ННЦ "ХФТИ НАНУ"	Кладовщик	91
92	ННЦ "ХФТИ НАНУ"	Травильщик	92
93	ННЦ "ХФТИ НАНУ"	Уборщик	93
94	ННЦ "ХФТИ НАНУ"	Уборщ. пр. пом.	94
95	СМЧС №13	Врач-рентгенолог	1
96	СМЧС №13	Инженер-физик	2
97	СМЧС №13	Рентген-лаборант	3
98	СМЧС №13	Санитарка	4

Всего: 98

Рис. ПА 6. Форма «Должности»

Виды излучений Личные данные Профм.

№	Вид радиационного излучения	Тип излучения	Порядковый номер
1	бета	Внутреннее	1
2	гамма	Внешнее	2
3	нейтр. б.	Внешнее	3
4	нейтр. м.	Внешнее	4
5	альфа	Внутреннее	5

Всего: 5

а

Виды излучений Виды излучений по отделам

№	Отдел	Вид излучения в отделе
73	38-00	нейтр. м.
74	39-00	бета
75	39-00	гамма
76	39-00	нейтр. б.
77	39-00	нейтр. м.
78	42-00	бета
79	42-00	гамма
80	42-00	нейтр. б.
81	42-00	нейтр. м.
82	44-00	бета
83	44-00	гамма
84	44-00	нейтр. б.
85	44-00	нейтр. м.

Всего: 280

Обновить данные

Отделы, в которых виды излучения не проставлены:

№	Отдел

Всего: 0

б

Рис. ПА 7. Формы: «Виды излучений» (а); «Виды излучений по отделам» (б)

Контрольные уровни доз

Допустимый предел годовой дозы, мЗв	Контрольный уровень годовой дозы, мЗв	Контрольный уровень квартальной дозы, мЗв
20,00	8,00	5,00

По отделам **Общие**

Контрольные уровни доз

№	Отдел	Значение, мЗв/год
1	14-00	11,50
2	31-00	11,50
3	34-00	11,50
4	35-00	13,50
5	74-00	12,50
6	82-50	12,00
Всего:		6

По отделам **Общие**

а
б

Рис. ПА.8. Формы «Контрольные уровни доз»: а – общие; б – по отделам

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. ФОРМИРУЕМЫЕ ОТЧЕТЫ

ДОЗИМЕТРИЧЕСКАЯ КАРТА № 189

Фамилия, И., О. Барабанов Андрей Иванович

Дата рождения 29.04.1969

Дата зачисления на работу 03.10.1990

Стаж работы с ИОН:

лет	мес.	дн.
8	1	0

Условия работы: ОВ

№	Время дозиметр. контроля	Ощел	Должность
1	03.10.1990 - 01.12.1990	34-00	лаборант
2	01.01.2004 - 30.06.2008	33-00	лаборант
3	01.07.2008 -	42-00	лаборант

ПОЛУЧЕННАЯ ДОЗОВАЯ НАГРУЗКА

Год	Кв.	Доза, мЗв					Суммарная доза, мЗв
		бета	гамма	нейтр. электр.	нейтр. медл.	альфа	
1990	4		0,20				0,20
	Итого за год:		0,20				0,20
2004	1		0,40				0,40
	2		0,40				0,40
	3		0,20				0,20
	4		0,30				0,30
	Итого за год:		1,30				1,30
2005	1		0,60				0,60
	2		0,40				0,40
	3		0,30				0,30
	4		0,40				0,40
	Итого за год:		1,70				1,70
2006	1		0,40				0,40
	2		0,30				0,30
	3		0,30				0,30
	4		0,40				0,40
	Итого за год:		1,40				1,40
2007	1		0,40				0,40
	2		0,60				0,60
	3		0,20				0,20
	4		0,20				0,20
	Итого за год:		1,40				1,40
2008	1		0,20				0,20
	2		0,50				0,50
	Итого за год:		0,70				0,70
	3		0,60				0,60
	4		0,50				0,50
2009	1		0,30				0,30
	2		0,70				0,70
	3		0,70				0,70
	4		0,60				0,60
	Итого за год:		2,30				2,30

а

2010	2		0,31				0,31
	3		0,29				0,29
	4		0,48				0,48
	Итого за год:		1,07				1,07
2011	1		0,33				0,33
	2		0,47				0,47
	3		0,27				0,27
	4						0,00
	Итого за год:		1,07				1,07
	Накопленная доза:		12,74				12,74

Рис. ПБ 1. Отчет «Дозиметрическая карточка сотрудника»: а – в виде отчета А4

Личные данные		Профмаршрут с ИИИ		Внесение результатов ИДК		Просмотр
С	1957	по	2011	гг.		
№	Личн. №	Ф.И.О.	Отдел	Год/Кв	Доза, мЗв	Превышен
4829	1472	Зюзгин Н.Н.	ВЭ-1	1975	20,40	Пда год=20.00 мЗв
4830	187	Наумов Г.Д.	ВЭИ	1975	20,30	
4831	824	Власенко В.Г.	ВЭ-2	1975	20,30	
4832	139	Немашкало А.А.	ВЭ-2	1975	20,30	
4833	1584	Петрань В.И.	ВЭ-2	1975	20,20	
4834	254	Деняк В.М.	ВЭ-2	1975	20,00	
4835	1468	Ермак Н.М.	РиПТБ	1976	33,10	
4836	602	Марченко Д.С.	А-5	1976	30,90	
4837	172	Затолюка М.П.	75-00	1976	30,80	
4838	12	Кохнюк К.С.	ВЭ-3	1976	26,60	
4839	1707	Бутенко М.А.	А-5	1976	25,60	
4840	219	Шевченко Л.А.	35-00	1976	23,10	
4841	3	Кириченко В.Г.	ВТС-1	1976	21,80	
4842	762	Астапов В.Г.	36-00	1976	21,70	
4843	463	Зинченко В.А.	36-00	1976	20,80	
4844	289	Коваленко Н.А.	ВЭД	1976	20,40	
4845	602	Марченко Д.С.	А-5	1977	21,80	
4846	1460	Губарев В.И.	ВЭТ	1978	28,90	
4847	87	Шовкун П.К.	ВЭТ	1978	28,80	
4848	242	Васильев А.И.	35-00	1978	25,10	
4849	591	Хомяков Е.А.	34-00	1978	24,60	
4850	602	Марченко Д.С.	А-5	1979	23,60	
4851	602	Марченко Д.С.	36-00	1982	31,70	
4852	1165	Разсукованный Б.Н.	85-60	1984	21,90	
4853	1165	Разсукованный Б.Н.	85-60	1985	22,70	
4854	159	Мазилев А.В.	44-00	1989	143,10	
Всего:		4854				

Рис. ПБ 2. Отчет «Превышение контрольных уровней и допустимого предела годовой дозы»:
а – последние случаи превышения допустимого предела годовой дозы, равного 20 мЗв

с 1957 по 2011 гг.

№	Личн. №	Ф.И.О.	Отдел	Год/Кв	Доза, мЗв	Превышен
2311	263	Кулыгин И.В.	35-00	1990	12,50	КГ да=8.00 мЗв
2312	387	Кияшко В.А.	23-00	1990	12,10	
2313	635	Бондаренко В.Н.	31-00	1990	11,90	
2314	159	Мазилев А.В.	44-00	1990	11,70	
2315	375	Иванов Б.И.	23-00	1990	11,30	
2316	507	Худаев В.А.	36-00	1990	10,80	
2317	733	Гончаренко И.И.	36-00	1990	10,80	
2318	472	Пасечник С.Г.	31-00	1990	10,60	
2319	414	Могилы Н.М.	31-00	1990	10,30	
2320	468	Чалый Э.Г.	31-00	1990	10,00	
2321	710	Солодовников Б.Н.	61-00	1990	9,90	
2322	1728	Бережной С.М.	61-00	1990	9,30	
2323	745	Кузьменко В.А.	31-00	1990	9,20	
2324	404	Корнилов Е.А.	23-00	1990	9,20	
2325	1569	Нога В.И.	33-00	1990	9,20	
2326	161	Донец А.И.	44-00	1990	9,10	
2327	441	Яшин П.В.	63-00	1990	8,90	
2328	301	Глазунов Л.С.	31-00	1990	8,80	
2329	652	Берёзка Л.Ф.	33-00	1990	8,60	
2330	288	Завада Л.М.	37-00	1990	8,60	
2331	388	Новиков И.Н.	23-00	1990	8,50	
2332	1460	Губарев В.И.	35-00	1990	8,50	
2333	62	Мелашин В.М.	35-00	1990	8,20	
2334	180	Зуб Л.Л.	Р-кабинет	1992	11,50	КУ кв.=5.00 мЗв
2335	961	Клиценко Г.Е.	РиПТБ	I кв. 1957	23,50	
2336	1584	Петрань В.И.	ВЗ-1	I кв. 1957	22,50	
Всего:		4854				

Дозиметрическая карточка Превышение КУ и ПД

б

Рис. ПБ 2. Отчет «Превышение контрольных уровней и допустимого предела годовой дозы»: б – последние случаи превышения контрольного уровня годовой дозы, равного 8 мЗв

С 1957 по 2011 гг.

№	Личн. №	Ф.И.О.	Отдел	Год/Кв	Доза, мЗв	Превышен
3156	549	Потин С.М.	35-00	I кв. 1988	9,80	КУ кв.=5.00 мЗв
3157	517	Дементьев В.К.	35-00	I кв. 1989	7,60	
3158	159	Мазилев А.В.	44-00	I кв. 1989	134,00	
3159	694	Колодяжный И.П.	31-00	I кв. 1990	5,00	
3160	733	Гончаренко И.И.	36-00	I кв. 1990	5,20	
3161	468	Чалый Э.Г.	31-00	I кв. 1990	5,60	
3162	417	Литвин А.Н.	31-00	I кв. 1990	5,80	
3163	388	Новиков И.Н.	23-00	I кв. 1990	6,20	
3164	745	Кузьменко В.А.	31-00	I кв. 1990	6,40	
3165	635	Бондаренко В.Н.	31-00	I кв. 1990	6,80	
3166	375	Иванов Б.И.	23-00	I кв. 1990	7,00	
3167	404	Корнилов Е.А.	23-00	I кв. 1990	7,20	
3168	441	Яшин П.В.	63-00	I кв. 1990	7,20	
3169	710	Солодовников Б.Н.	61-00	I кв. 1990	7,40	
3170	507	Худаев В.А.	36-00	I кв. 1990	8,60	
3171	488	Немашкало В.А.	31-00	I кв. 1990	9,00	
3172	387	Кияшко В.А.	23-00	I кв. 1990	9,00	
3173	159	Мазилев А.В.	44-00	I кв. 1990	9,40	
3174	519	Бырка В.И.	33-00	I кв. 1991	5,90	
3175	180	Зуб Л.Л.	Р-кабинет	I кв. 1992	5,20	
3176	1625	Тонапетян С.Г.	ВЗ-1	II кв. 1957	5,40	
3177	1591	Порятуй В.С.	РиПТБ	II кв. 1957	5,60	
3178	939	Иващенко В.А.	А-2	II кв. 1957	6,50	
3179	449	Антуфьев Ю.П.	ВЗ-1	II кв. 1957	6,50	
3180	417	Литвин А.Н.	А-2	II кв. 1957	6,60	
3181	1307	Харченко Ю.А.	А-5	II кв. 1957	9,00	
Всего:		4854				

Дозиметрическая карточка Превышение КУ и ПДз

6

Рис. ПБ 2. Отчет «Превышение контрольных уровней и допустимого предела годовой дозы»: в – последний случай превышения контрольного уровня квартальной дозы, равного 5 мЗв

№ п/п	Личн. №	Ф.И.О. сотрудника	Отдел	Год / Кв.	Полученная доза, мЗв	Превышен уровень
1	159	Мазитов А.В.	44-00	1989	143,10	КГДа=8.00 мЗв
2	159	Мазитов А.В.	44-00	1989	143,10	ПДа год=20.00 мЗв
3	159	Мазитов А.В.	44-00	I кв. 1989	134,00	КУ кв.=5.00 мЗв
4	602	Марченко Д.С.	36-00	1982	31,70	КГДа=8.00 мЗв
5	602	Марченко Д.С.	36-00	1982	31,70	ПДа год=20.00 мЗв
6	1165	Разсукованский Б.Н.	85-60	1985	22,70	КГДа=8.00 мЗв
7	1165	Разсукованский Б.Н.	85-60	1985	22,70	ПДа год=20.00 мЗв
8	1165	Разсукованский Б.Н.	85-60	1984	21,90	КГДа=8.00 мЗв
9	1165	Разсукованский Б.Н.	85-60	1984	21,90	ПДа год=20.00 мЗв
10	1165	Разсукованский Б.Н.	85-60	I кв. 1985	20,60	КУ кв.=5.00 мЗв
11	1165	Разсукованский Б.Н.	85-60	III кв. 1984	19,30	КУ кв.=5.00 мЗв
12	170	Красников А.А.	75-00	1981	17,80	КГДа=8.00 мЗв
13	602	Марченко Д.С.	36-00	IV кв. 1982	17,60	КУ кв.=5.00 мЗв
14	24	Гладких П.И.	37-00	1980	17,30	КГДа=8.00 мЗв
15	589	Тур Ю.Д.	34-00	1980	17,10	КГДа=11.50 мЗв
16	589	Тур Ю.Д.	34-00	1980	17,10	КГДа=8.00 мЗв
17	1597	Пшеника Н.П.	Р-кабинет	1983	17,10	КГДа=8.00 мЗв
18	161	Донец А.И.	44-00	1986	15,90	КГДа=8.00 мЗв
19	201	Лапин Н.И.	37-00	1980	15,60	КГДа=8.00 мЗв
20	1597	Пшеника Н.П.	Р-кабинет	I кв. 1983	15,60	КУ кв.=5.00 мЗв
21	170	Красников А.А.	75-00	I кв. 1981	15,30	КУ кв.=5.00 мЗв

2

№ п/п	Личн. №	Ф.И.О. сотрудника	Отдел	Год / Кв.	Полученная доза, мЗв	Превышен уровень
22	763	Архангельский В.А.	33-00	1980	14,90	КГДа=8.00 мЗв

Рис. ПБ 2. Отчет «Превышение контрольных уровней и допустимого предела годовой дозы»: г – отчет в формате А4 за период 1980...2011 гг. Данные отсортированы по убыванию полученной дозы

37	Отдел 43-00	10	1	0	1	28	3 220,96	107,37	262,30	Мазилев С.М.
38	Отдел 44-00	30	1	0	1	28	3 220,96	107,37	262,30	Мазилев А.В.
39	Отдел 53-30	2	0	0	2	0	17,90	8,95	9,10	Миллик А.Г.
40	Отдел 54-10	2	0	0	0	2	22,30	11,15	11,30	Васильченко В.Н.
41	Отдел 55-00	6	0	3	0	3	51,10	8,52	14,50	Цуриков В.А.
42	Отдел 57-20	1	0	0	0	1	66,90	66,90	66,90	Козыр В.В.
43	Отдел 61-00	14	0	2	6	6	315,40	22,53	153,90	Веневцев И.П.
44	Отдел 62-00	1	0	0	0	1	59,10	59,10	59,10	Костин В.Я.
45	Отдел 63-00	15	2	0	2	11	272,00	18,13	82,50	Оноприенко В.Т.
46	Отдел 64-00	2	2	0	0	0	2,20	1,10	1,60	Китаевский К.М.
47	Отдел 66-00	27	5	3	3	16	1 222,43	45,28	577,97	Марченко Д.С.
48	Отдел 74-00	2	0	0	0	2	79,49	39,75	49,94	Мушников В.Н.
49	Отдел 75-00	5	0	0	0	5	526,60	105,32	302,46	Красников А.А.

№ п/п	Наименование объекта	Кол-во лиц, состоящих на контроле	Число лиц, получивших эффективную дозу в мЗв				Коллективная доза, мЗв	Средняя доза, мЗв	Мак доза, мЗв	Ф.И.О. сотрудников, получивших максимальную дозу
			<2	2-	5-	10-				
50	Отдел 82-50	10	4	0	1	5	111,98	11,20	36,80	Коринчук Ю.И.
51	Отдел 85-60	2	0	0	0	2	175,60	87,80	104,80	Разсукованный Б.Н.
52	ПЭУ	9	1	0	3	5	255,80	28,42	166,20	Снегуров В.И.
53	РЭ-1	14	6	5	3	0	48,40	3,46	9,80	Колосов В.Н.
54	РиПТВ	26	1	4	6	15	751,90	28,92	135,80	Злищев Н.С.
55	У-2	4	1	2	0	1	76,60	19,15	65,90	Прядко В.М.
56	УИ	8	0	1	0	7	323,20	40,40	78,80	Иванов В.В.
57	УСА	4	0	1	0	3	94,00	23,50	48,40	Гладких Д.А.
58	УТЧ-1	5	0	0	0	5	244,00	48,80	120,90	Гирка А.А.
	Всего по ННЦ "ХФТИ НАНУ"	1706	112	130	186	1278	96 425,87	56,52	577,97	Марченко Д.С.
1	Р-кабинет	17	4	0	5	8	277,34	16,31	101,27	Зуб Л.Л.
	Всего по СМЧС №13	17	4	0	5	8	277,34	16,31	101,27	Зуб Л.Л.

6

*Рис. ПБ 3. Отчет «Форма 1 – ИДК»:
в – накопленные, средние дозы и их распределение за весь период ИДК 1957...2011 гг.*

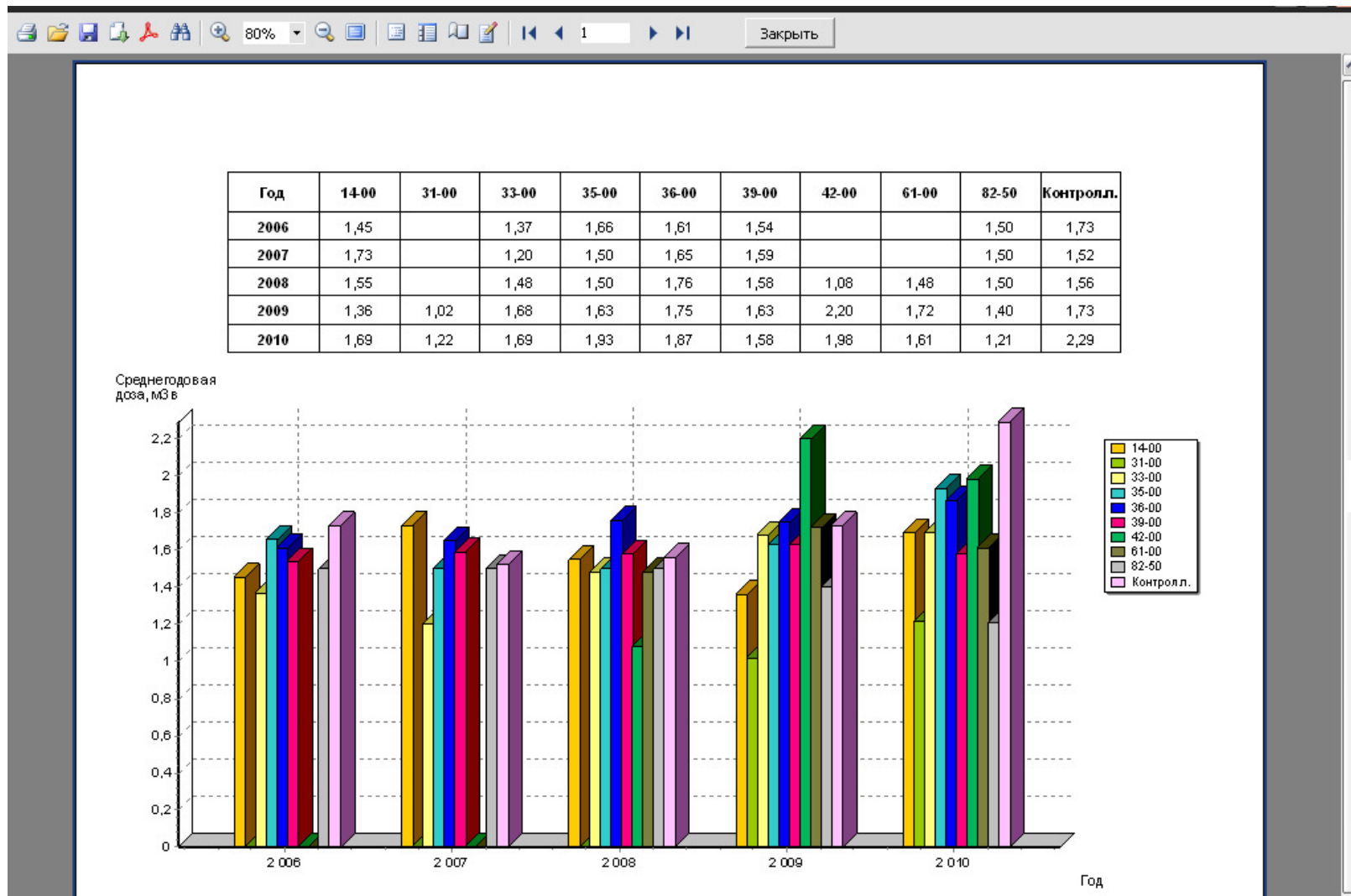


Рис. ПБ 4. Отчет «Сравнительный анализ среднегодовых доз» по отделам ННЦ ХФТИ:
а – за период 2006...2010 гг. Выбрана столбчатая диаграмма

ИАС ИДК Национального Научного Центра "Харьковский физико-технический институт НАНУ"

БД

Справочники

Персонал

Личные данные

Профмаршрут с ИИИ

Дозы

Внесение результатов ИДК за квартал

Просмотр

Допустимый и контрольные уровни доз

Отчеты

Форма 1 - ИДК

Сравнительный анализ полученных доз по отделам

Расчет радиационных рисков

Помощь

Выход

Просмотр Сравнительный анализ полученных доз

Учреждение: ННЦ "ХФТИ НАНУ" ☐ По Учреждениям Отчетный период с 2007 по 2011 гг.

№	Отдел
1	11-80
2	22-00
3	24-00
4	32-00
5	34-00
6	37-00
7	44-00
8	61-00
9	74-00
10	75-00

№	Группа	Отдел
1	Контрол.п.	44-00
2		75-00
3		74-00

№	Наименование группы	Краткое наименование
1	Контролирующие подразделения	Контрол.п.

Отделы и группы отделов для анализа

14-00	31-00	33-00	35-00	36-00	39-00	42-00	66-00	82-50
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Выбрать текущую группу отделов для анализа

Тип диаграммы: ☒ столбчатая ☐ линейная

б

Рис. ПБ 4. Отчет «Сравнительный анализ среднегодовых доз»:
б – форма для выбора параметров отчета

2003	1,02	1,33	2,24	1,43						
2004	1,09	1,15	1,80	1,40						
2005	1,22	1,23	1,65	1,37						
2006	1,45	1,37	1,66	1,61						
2007	1,73	1,20	1,50	1,65						
2008	1,55	1,48	1,50	1,76						
2009	1,36	1,68	1,63	1,75						
2010	1,69	1,69	1,93	1,87						
2011	1,15	1,05	1,27	1,33						

Среднегодовая
доза, мЗв

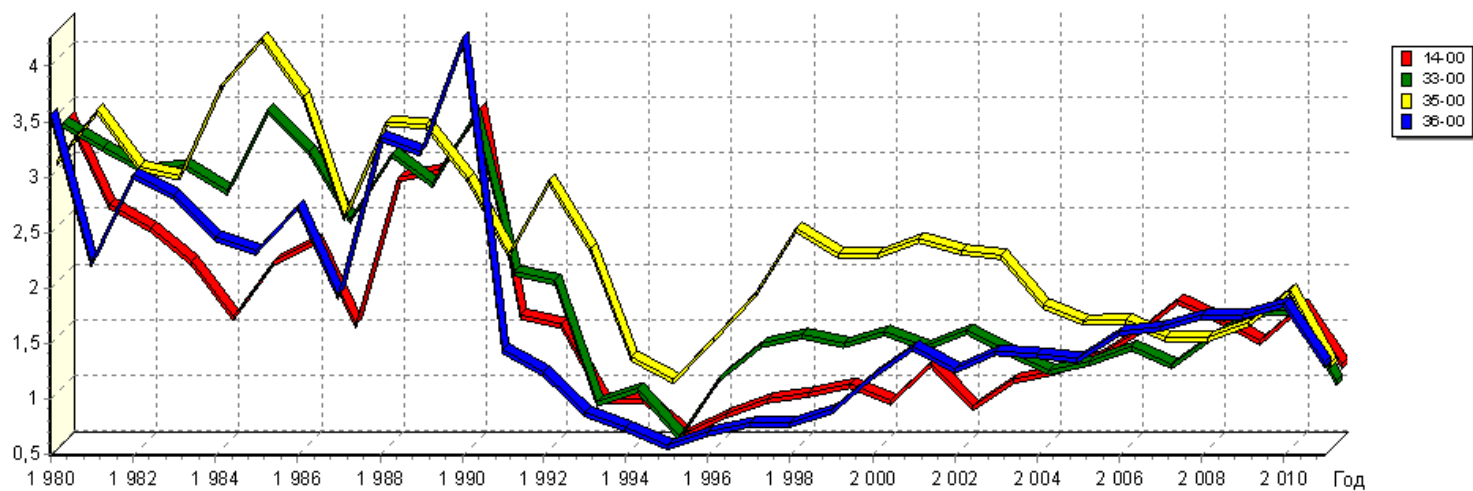


Рис. ПБ 4. Отчет «Сравнительный анализ среднегодовых доз» по отделам ННЦ ХФТИ
в – за период 1980...2011 гг. Выбрана линейная диаграмма

2006	1,53	1,17								
2007	1,46	1,98								
2008	1,50	1,91								
2009	1,63	1,95								
2010	1,78	1,87								
2011	1,17	1,40								

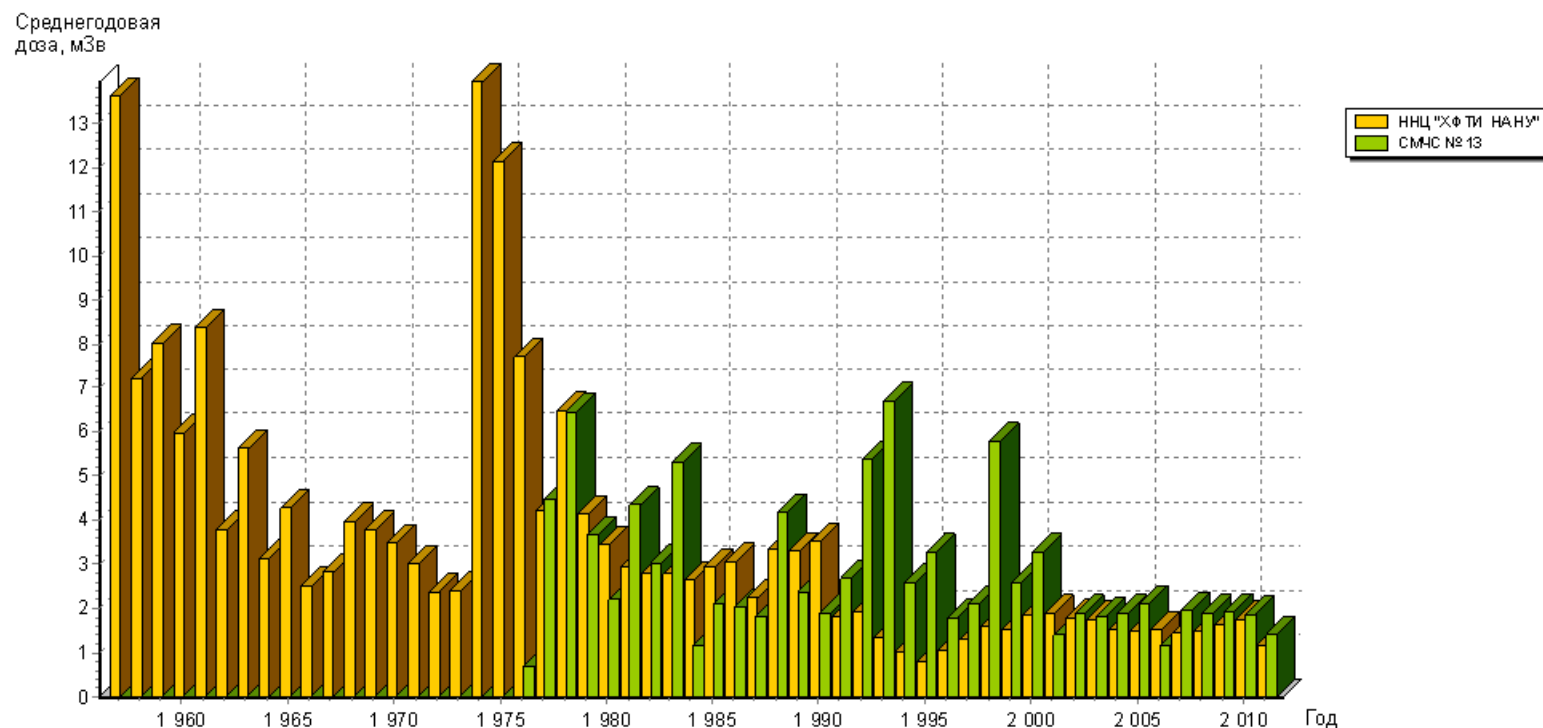


Рис. ПБ 4. Отчет «Сравнительный анализ среднегодовых доз»: г – по учреждениям за период 1957...2011 гг.

ИАС ИДК Национального Научного Центра "Харьковский физико-технический институт НАНУ"

Просмотр Расчет радиационных рисков

Все учреждения ☐ Ф.И.О.

☒ работающие ☐ в настоящее время ☐ личный №

☒ уволенные с 1 кв. 1957 г. по 4 кв. 2011 г. ☐ идентиф. №

№	Ф.И.О.	Стаж работы с ИИИ			Личн. №
		лет	мес.	дней	
3	Авдеев Анатолий Константинович	18	4	0	377
4	Авдеев Юрий Викторович	7	4	17	1388
5	Автушко Анатолий Андреевич	36	0	11	22

5 из 1699

Расчет для ☐ Автушко Анатолий Андреевич ☒ Все учреждения

☒ Фоновая по возрастной заболеваемости солидными раками и лейкозами ☐ Сравнение с радиационным фоном

Средний радиационный фон Земли, мЗв/год

Местный радиационный фон, мЗв/год

Нижняя граница диапазона малых доз, мЗв/год

Верхняя граница диапазона малых доз, мЗв/год, (ПД50\30 чел. / 100)

☒ Включить в отчет тренд максимальной годовой дозы

Помощь Выход

Рис. ПБ 5. Форма для заполнения параметров отчета «Тренд среднегодовой /и максимальной/ дозы. Сравнение с радиационным фоном»

ДОЗИМЕТРИЧЕСКАЯ КАРТА № 602

Фамилия, И., О. Марченко Дмитрий Степанович

Дата рождения 05.10.1933

Дата взятия на учет ИДК 01.01.1958

Стаж работы с ИИИ :

лет	мес.	дн.
53	8	20

Условия работы: ОВ

№	Время дозиметр. контроля	Отдел	Должность
1	01.01.1958 - 19.07.1966	А-3	Лаборант
2	01.10.1966 - 31.12.1979	А-5	Лаборант
3	01.01.1980 - 31.12.2003	36-00	Лаборант
4	01.01.2004 - 31.12.2007	66-00	Инженер
5	01.01.2008 - 31.12.2010	61-00	Инженер
6	01.01.2011 -	66-00	Инженер

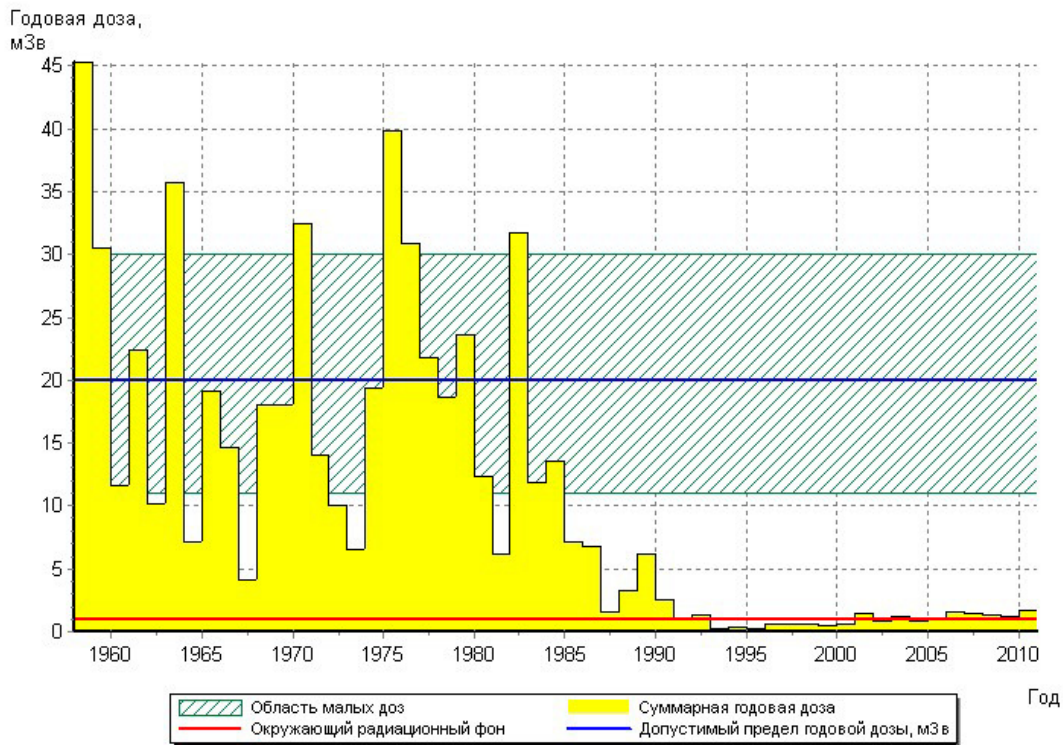


Рис. ПБ 6. Отчет «Тренд суммарной годовой дозы, мЗв. Сравнение с окружающим радиационным фоном и с областью малых доз» для выбранного сотрудника

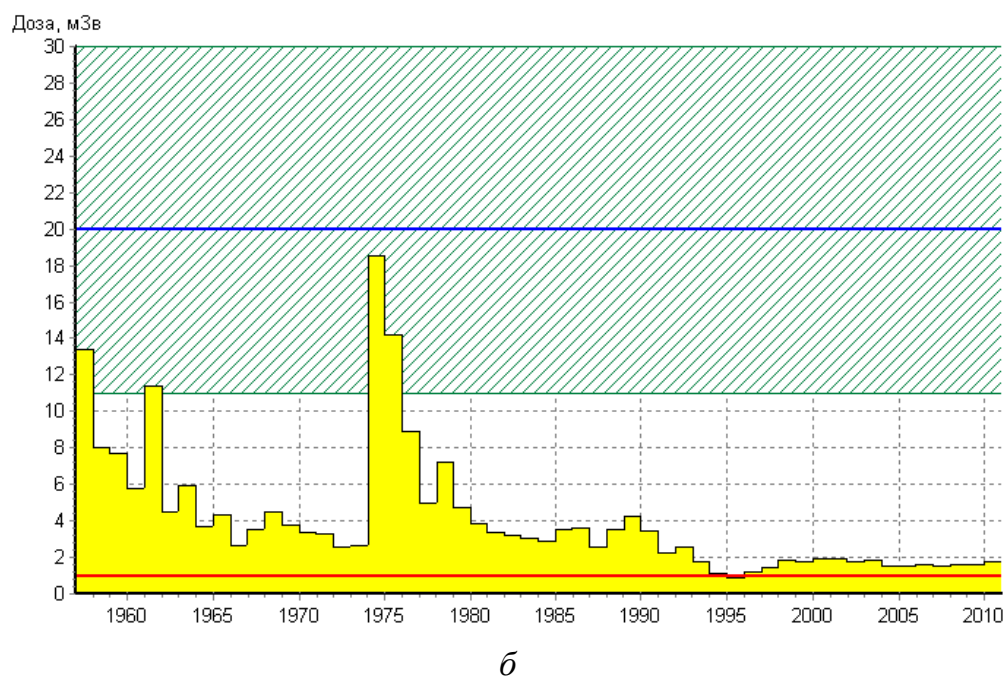
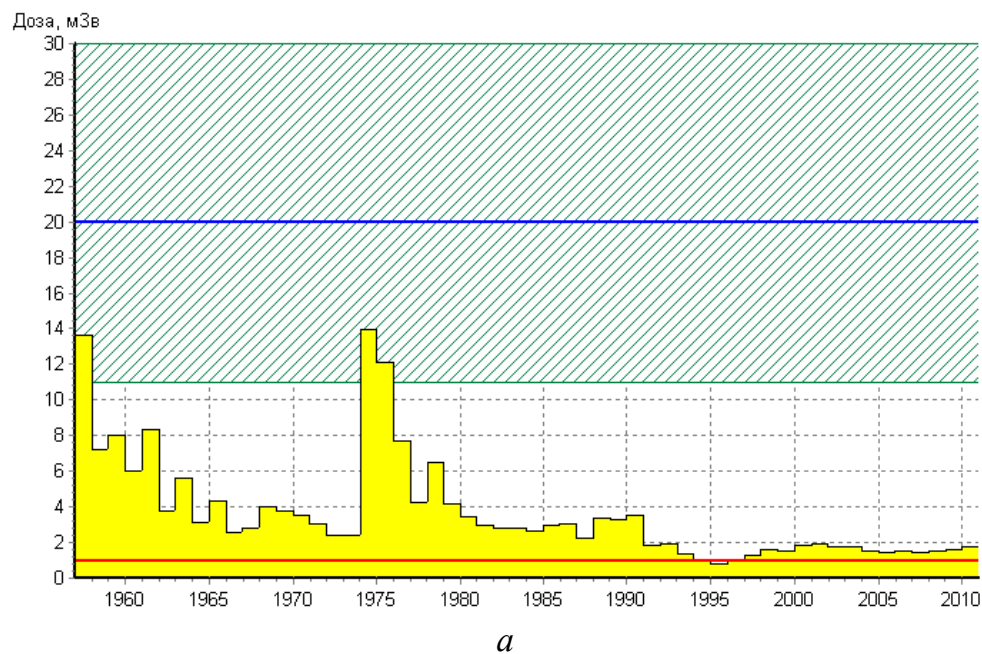
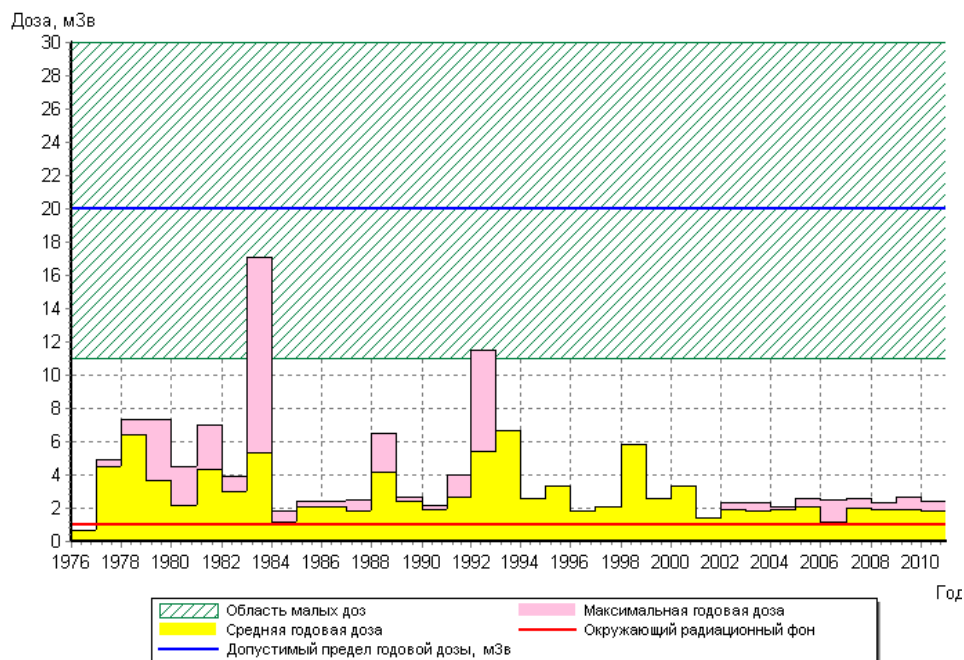
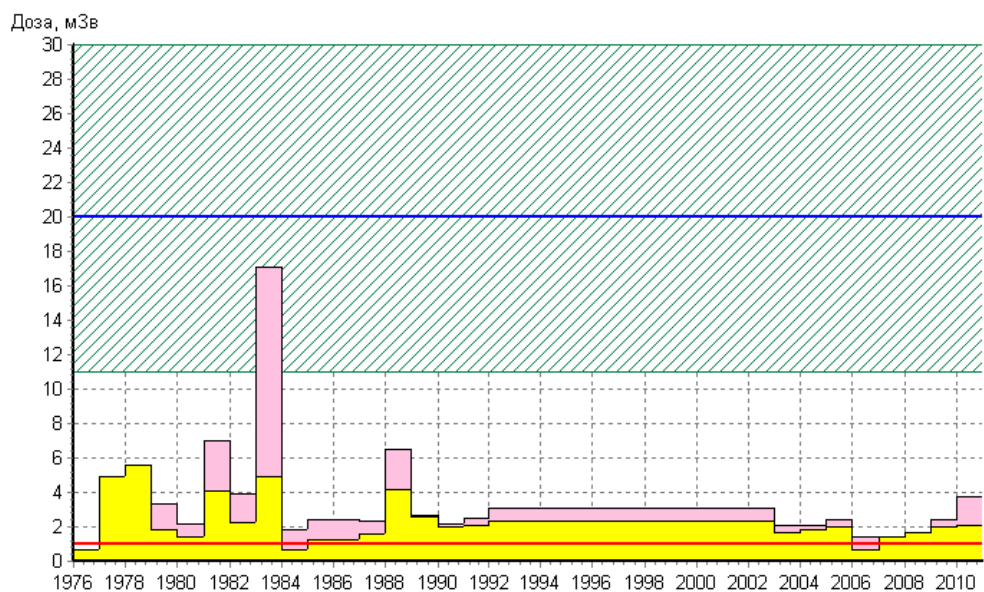


Рис. ПБ 7. Отчет «Тренд среднегодовой /и максимальной/ дозы, мЗв. Сравнение с окружающим радиационным фоном и с областью малых доз» для выбранного учреждения/подразделения за выбранный период:
 а – тренд по всем (работающим и уволенным) сотрудникам ННЦ ХФТИ;
 б – тренд по работающим в настоящее время сотрудникам ННЦ ХФТИ

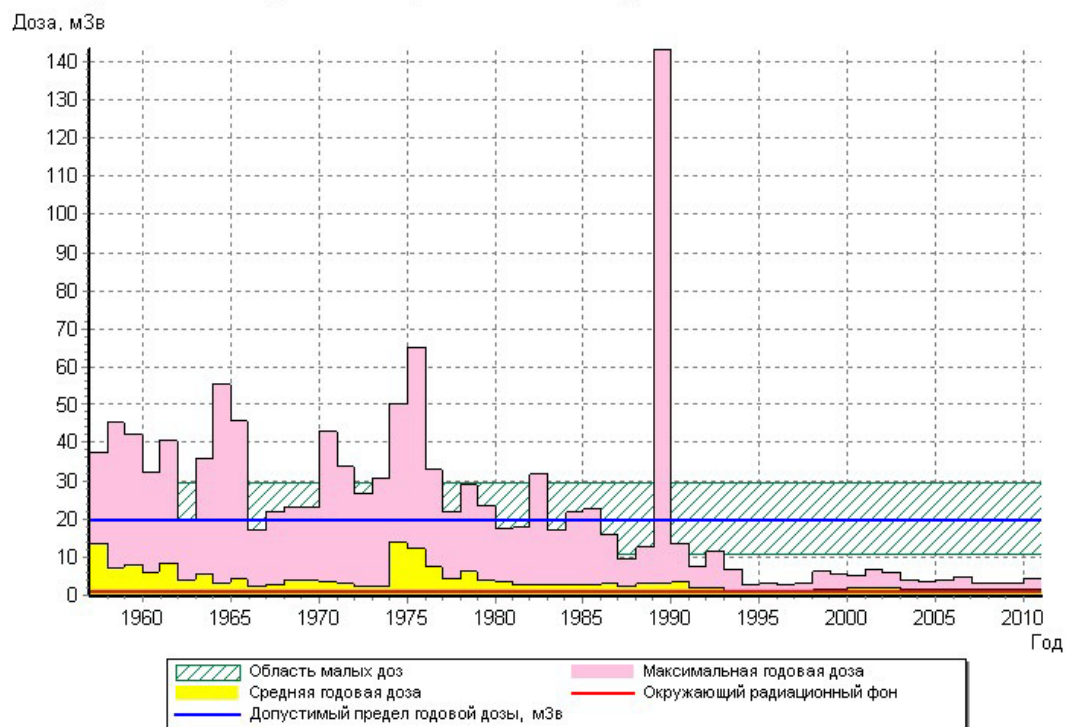


в



г

Рис. ПБ 7. Отчет «Тренд среднегодовой /и максимальной/ дозы, мЗв. Сравнение с окружающим радиационным фоном и с областью малых доз» для выбранного учреждения/подразделения за выбранный период:
 в – тренд по всем (работающим и уволенным) сотрудникам СМСЧ №13;
 г – тренд по уволенным в настоящее время сотрудникам СМСЧ №13



д

Рис. ПБ 7. Отчет «Тренд средней /и максимальной/ годовой дозы. Сравнение с окружающим радиационным фоном и с областью малых доз» для выбранного учреждения/подразделения за выбранный период:
 д – тренд средней и максимальной годовой дозы по работающим и уволенным сотрудникам за весь период ИДК (с 1 квартала 1957 г. по 4 квартал 2011 г.)

ИАС ИДК Национального Научного Центра "Харьковский физико-технический институт НАНУ"

Просмотр Расчет радиационных рисков

Все учреждения ☐ Ф.И.О.

☒ работающие ☒ в настоящее время ☐ личный №

☐ уволенные ☐ с 3 кв. 2011 г. по 3 кв. 2011 г. ☐ идентиф. №

№	Ф.И.О.	Стаж работы с ИИИ			Личн. №
		лет	мес.	дней	
1	Автушко Анатолий Андреевич	36	2	9	22
2	Азаров Александр Иванович	3	5	9	58
3	Азарцов Михаил Петрович	5	8	9	169

1 из 328

Расчет для ☐ Автушко Анатолий Андреевич ☒ Все учреждения

☐ Фоновая повозрастная заболеваемость солидными раками и лейкозами ☐ Сравнение с радиационным фоном

Фоновая повозрастная заболеваемость солидными раками, на 100 000 чел. в год:

Все солидные раки

Возраст	0-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84	85+
Муж.	8,00	11,32	19,91	36,65	59,20	112,93	222,58	452,30	766,67	1234,86	289,16	943,54	607,41	912,25	566,40
Жен.	10,06	18,88	42,04	87,26	146,51	224,00	337,54	484,81	619,00	825,00	749,32	102,37	854,36	909,84	585,36

Фоновая повозрастная заболеваемость лейкозами, на 100 000 чел. в год:

Возраст	0-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84	85+
Муж.	2,99	2,67	2,14	1,92	3,10	3,42	6,09	9,73	18,60	22,98	28,43	42,65	33,78	35,60	26,94
Жен.	2,08	1,85	2,08	2,19	3,00	3,93	5,66	7,85	12,01	18,02	18,36	29,91	18,71	13,63	5,43

БД

Справочники

Персонал

Личные данные

Профмаршрут с ИИИ

Дозы

Внесение результатов ИДК за квартал

Просмотр

Допустимый и контрольные уровни доз

Отчеты

Форма 1 - ИДК

Сравнительный анализ среднегодовых доз

Расчет радиационных рисков

Помощь

Выход

Рис. ПБ 8. Форма для заполнения значений фоновой повозрастной онкозаболеваемости

ИАС ИДК Национального Научного Центра "Харьковский физико-технический институт НАНУ"

Просмотр Расчет радиационных рисков

Все учреждения ☐ Ф.И.О.

☒ работающие ☐ в настоящее время ☐ личный №

☐ уволенные ☐ с 3 кв. 2011 г. по 3 кв. 2011 г. ☐ идентиф. №

№	Ф.И.О.	Стаж работы с ИИИ			Личн. №
		лет	мес.	дней	
1	Автушко Анатолий Андреевич	36	2	9	22
2	Азаров Александр Иванович	3	5	9	58
3	Азарцов Михаил Петрович	5	8	9	169

1 из 328

Расчет для ☐ Автушко Анатолий Андреевич ☒ Все учреждения

Модель UNSCEAR-94 Дозовая матрица Фоновая повозрастная заболеваемость солидными раками и лейкозами Сравнени

Значения параметров избыточного относительного радиационного риска ERR для солидных раков

№	Локализация	МКБ-10	Параметр а, Зв(-1)		Параметр b, год (-1)	Характерное время t = b(-1) , годы
			муж.	жен.		
1	Органы дыхания	C33, C34	0,37	1,06	0,021	47,6
2	Желудок	C16	0,16	0,62	-0,035	-28,6
3	Мочевой пузырь	C67	1,00	1,19	0,012	83,3
4	Печень	C22	0,97	0,32	-0,027	-37,0
5	Пищевод	C15	0,23	1,59	0,015	66,7
6	Ободочная кишка	C18	0,54	1,00	-0,033	-30,3
7	Молочная железа	C50		1,95	-0,079	-12,7
8	Остальные		0,59	0,39	-0,059	-16,9
9	Все солидные раки	C00-C80	0,45	0,77	-0,026	-38,5

Значения параметров избыточного абсолютного радиационного риска EAR для лейкозов (C91-C96)

Возраст g, годы	Мужчины			Женщины		
	а, Зв(-1)	b, год(-1)	t, год	а, Зв(-1)	b, год(-1)	t, год
0-19	3,30	0,17	5,9	6,60	0,07	14,3
20-39	4,80	0,13	7,7	9,70	0,03	33,3
40-	13,10	0,07	14,3	26,40	-0,03	-33,3

Расчет рисков для солидных раков:

$$ERR_{rel}(u) = a_{rel} \times \sum_{g=0}^{g-1} D_g \times \exp(b \times (g - 25))$$

$$AR_{rel}(u) = \frac{ERR}{1 + ERR} \cdot 100\%$$

$$EAR_{rel}(u) = AR_{rel} \cdot m_{0,rel}(u)$$

$$m = m_0 + EAR_{rel}$$

Расчет рисков для лейкозов:

$$EAR_{leu}(u) = \sum_{g=0}^{g-1} \left[a_{leu} \times D_g \left(1 + 1,58 \sum_{h=0}^{h-1} D_h \right) \times \exp(-b \times (u - g - 25)) \right]$$

$$AR_{leu}(u) = \frac{EAR_{leu}(u)}{m_{leu}(u) + EAR_{leu}(u)} \cdot 100\%$$

$$ERR_{leu}(u) = \frac{EAR_{leu}(u)}{m_{leu}(u)}$$

$$m = m_0 + EAR_{leu}$$

Тип диаграммы

☒ столбчатая ☐ линейная

Рис. ПБ 9. Форма для заполнения значений параметров модели UNSCEAR-94