

*Посвящается памяти коллеги и друга  
Василенко Евгения Константиновича*

# Исторические аспекты создания и развития основных объектов атомной отрасли страны. Радиационное воздействие на персонал в разные периоды времени

**А. П. Панфилов**

(Служба генерального инспектора Госкорпорации  
«Росатом», г. Москва)

В связи с 75-летием атомной отрасли были запланированы достаточно масштабные мероприятия, включая проведение XI-й Российской научной конференции «Радиационная защита и радиационная безопасность в ядерных технологиях». На этой конференции, а также на ряде других мероприятиях предполагалось сделать доклад о радиационном воздействии на персонал в разные периоды времени создания и развития основных объектов атомной отрасли страны. На основе этого доклада подготовлена настоящая статья, в которой впервые сделана попытка провести анализ радиационного воздействия на персонал основных ядерно и радиационно опасных объектов атомной отрасли в историческом разрезе с учетом прошедших за эти годы значительных организационных и структурных изменений, а также оценить прогресс в области радиационной защиты персонала за 75 лет существования атомной отрасли России (СССР).

## **Ключевые слова:**

*75-летие атомной отрасли, радиационное воздействие на персонал основных ядерно и радиационно опасных объектов, динамика среднегодовых доз персонала основных производств отрасли, применение принципа оптимизации радиационной защиты в отрасли на основе системы оценки профессионального радиационного риска АРМИР.*

События последнего времени внесли определенные коррективы в планы проведения юбилейных мероприятий, тем не менее, публикация исторических данных об облучаемости персонала по указанным материалам представляется актуальной.

Данная статья является логическим продолжением работы «Эволюция системы обеспечения радиационной безопасности атомной отрасли страны и ее современное состояние» [1], в которой была представлена информация о становлении и преобразованиях, произошедших в отечественной атомной отрасли за 70 лет, об эволюции системы обеспечения радиационной безопасности, о современном состоянии радиационной безопасности в отрасли, а также об актуальных вопросах нормативно-методического обеспечения радиационного контроля на предприятиях отрасли. В данной публикации в канун юбилея отрасли сделана попытка оценить радиационное воздействие на персонал основных ядерно и радиационно опасных объектов атомной отрасли в разные периоды их деятельности.

2020 год для нашей страны знаменателен 75-летием Победы в Великой Отечественной Войне. Но после победного 9 мая 1945 года нашей, в то время советской стране, пришлось пережить еще четыре напряженнейших года. Атомными бомбардировками Хиросимы и Нагасаки в начале августа 1945 г. США продемонстрировали всему миру, что обладают оружием невиданной разрушительной силы – атомным оружием. Советскому Союзу, несмотря на тяжелые последствия Войны с фашистской Германией, пришлось решать жизненно важную для страны задачу – обеспечение безопасности государства перед лицом нависшей ядерной угрозы со стороны США.

20 августа 1945 г. Государственный Комитет Обороны (ГКО) принял решение о создании Специального комитета, которому надлежало обеспечить государственное руководство решением ядерной проблемы. После организации Спецкомитета 30 августа 1945 г. Совет Народных Комиссаров (СНК) СССР принимает постановление о создании Первого главного управления (ПГУ) при СНК СССР. С этой даты в СССР фактически стартовал Атомный проект № 1 [2].

Перед создаваемой атомной отраслью была поставлена задача – создание ядерного щита. Эта задача была выполнена в самые сжатые сроки, 29 августа 1949 г. в СССР было проведено первое ядерное испытание.

### **Первые годы становления атомной отрасли: ПГУ при СНК СССР и комбинат № 817 (ПО «Маяк»)**

Сейчас очень сложно представить, как руководству Государства в тяжелые послевоенные годы удалось сконцентрировать интеллектуальные, материальные и технологические ресурсы страны для решения поставленной задачи.

Первые годы атомной отрасли – это история героического труда выдающихся ученых, инженеров, всех работников предприятий, НИИ

и КБ отрасли. Последнее время опубликовано множество книг, очерков, документов и воспоминаний об этих событиях и о выдающихся людях, стоявших у истоков отрасли [3,4].

Истоки атомной отрасли уходят в Петроград, где по инициативе и под руководством академика В.И. Вернадского в 1922 г. в молодом Советском государстве был основан Радиевый институт, вошедший в состав АН СССР (РИАН, ныне Радиевый институт им. В.Г. Хлопина). В 1943 г. по решению ГКО под руководством И.В. Курчатова была создана Лаборатория измерительных приборов № 2 АН СССР (ЛИПАН, впоследствии ИАЭ им. И.В. Курчатова, ныне РИЦ «Курчатовский институт»).

В 1945 г. образована Лаборатория № 3 РАН СССР под руководством А.И. Алиханова (позднее ИТЭФ) и ЦКБМ в г. Ленинграде. В 1946 г. были созданы филиал ЛИПАН – КБ-11 (ныне ВНИИЭФ) в Арзамасе-16 (г. Саров) и в г. Обнинске Лаборатория «В» (ныне Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского). В 1945 г. по инициативе З.В. Ершовой был создан Институт специальных металлов НКВД (позднее НИИ-9, ныне ВНИИНМ им. А.А. Бочвара). Эти научные центры и КБ вошли в состав ПГУ при СНК СССР и явились научным фундаментом атомной отрасли. В подчинение ПГУ в 1945 г. были переданы: из Наркомата боеприпасов завод № 12 (г. Электросталь), ныне ПАО «МСЗ»; машиностроительный завод № 48 (ныне Машиностроительный завод «Молния»); ГСПИ-11 (г. Ленинград, ныне ВНИПИЭТ); а также из НКВД – Горно-химический комбинат № 6 (г. Ленинабад, ныне г. Худжанд, Таджикистан). Это были первые элементы формирования атомной отрасли страны (системы ПГУ при СНК СССР, впоследствии Минсредмаша СССР). За 8 месяцев к апрелю 1946 г. были созданы все звенья цепи разработки и создания атомного оружия.

### Основные ключевые события первых лет становления атомной отрасли

25 декабря 1946 г. впервые на континенте Евразия в реакторе Ф-1 под руководством И.В. Курчатова в ЛИПАНе была осуществлена самоподдерживающаяся цепная реакция деления урана. Эти работы позволили 8 июня 1948 г. запустить первый промышленный уран-графитовый реактор «А» по производству плутония на комбинате № 817 (ныне ПО «Маяк» в г. Озерске Челябинской области) и 19 июня вывести его на проектную мощность 100 МВт.

В конце 1948 г. была проведена первая загрузка облученных блоков на радиохимическом заводе «Б». В феврале 1949 г. на плутониевое производство принята первая партия жидкого концентрата плутония. В этом же году был введен в действие первый промышленный химико-металлургический цех на заводе «В» по производству плутония.

Создание первой отечественной атомной бомбы РДС-1 («Россия делает сама») является результатом героического подвига сотен тысяч ученых, инженеров, рабочих, великих руководителей и простых работников, ответственно исполнивших свое дело. Десятки организаций и производств работали на Атомный проект СССР. Успешно завершить эти грандиозные усилия практическическим результатом – разработкой и изготовлением РДС-1 – выпало на долю КБ-11. 29 августа 1949 г. на Семипалатинском полигоне был успешно испытан первый советский ядерный заряд. Таким образом, был заложен краеугольный камень в создание «ядерного щита» нашей страны.

В 1951 г. прошли испытания второй атомной бомбы, а в 1953 г. – первой отечественной термоядерной бомбы (РДС-6с). Четырьмя годами позже под научным руководством Курчатова института была создана первая атомная подводная лодка (проект К-3). Росла мощность ядерных зарядов. Усилиями ученых

и специалистов ядерных центров в г. Арзамас-16 (ВНИИЭФ) и г. Челябинск-70 (ныне г. Снежинск) (ВНИИТФ – второй ядерный центр, дублер КБ-11, был создан в 1955 г.) это грозное оружие продолжает совершенствоваться и по сей день. Научно-исследовательские лаборатории и конструкторские подразделения КБ-11 начали разворачивать свою деятельность в Арзамасе-16 весной 1947 г. Параллельно создавались производственные цеха опытных заводов.

Ключевая роль в решении задачи производства плутония для первой атомной бомбы в 1949 г., в крайне сжатые сроки, принадлежит комбинату № 817 (ПО «Маяк»). Там же изготовлены 29 атомных бомб к концу 1951 г. и к концу 1953 г. – 44 атомных бомбы. Строительство комбината после пуска первого реактора продолжалось очень высокими темпами. В период с 1948 по 1952 гг. были построены и сданы в эксплуатацию 5 промышленных реакторов. Даже сегодня при современной технике и технологиях такие темпы кажутся фантастикой.

История ПО «Маяк» отражает становление и развитие технологии обращения с радиоактивными веществами и ядерными установками, развитие радиационного контроля и, к сожалению, отмечена фактами вредного воздействия высоких уровней радиации на здоровье человека. Фактически с момента пуска первого реактора эти факты обусловили пристальное внимание врачей и эпидемиологов к работникам ПО «Маяк» [5].

Чрезвычайно высокие темпы строительства и ввода в эксплуатацию новых производств, разработки уникального технологического оборудования были осложнены отсутствием научных знаний и технологического опыта. Это породило серьезные проблемы и явилось одной из основных причин того, что созданные заводы и производства впоследствии подвергались реконструкции и переоборудованию

на протяжении почти 20 лет. Реконструкция проводилась в основном без остановки и снижения мощности производства. Это приводило к тому, что работы выполнялись в радиационных полях с высокой мощностью дозы.

Создавшиеся условия стимулировали и стремительное развитие дозиметрии на предприятии, методов организации работ в условиях высоких дозовых воздействий, разработку и применение средств индивидуальной защиты. Наряду с совершенствованием технологии быстрыми темпами развивалась приборно-методическая база радиационного контроля. Появились новые радиометрические и спектрометрические приборы, модернизировались средства индивидуального контроля доз внешнего облучения.

С точки зрения причин и условий радиационного воздействия на профессиональных работников ПО «Маяк» можно выделить несколько периодов, различающихся по степени облучения персонала [6].

1. 1948–1953 гг. – период освоения производства. Этот период обусловлен несовершенством оборудования, отсутствием знаний и опыта работы на радиационно опасных производствах, недооценкой риска, связанного с работой в условиях действия радиационных факторов. Для него были характерны: большое количество ремонтных и ремонтно-восстановительных работ в полях повышенных уровней ионизирующего излучения и загрязнения воздушной среды, высокие уровни радиоактивного загрязнения практически всех рабочих мест, несоответствие рабочих мест гигиеническим требованиям.

Начальный период освоения атомных технологий в СССР (10–15 лет) происходил в условиях гонки ядерных вооружений и жесткого военно-политического противостояния между сверхдержавами, к тому же

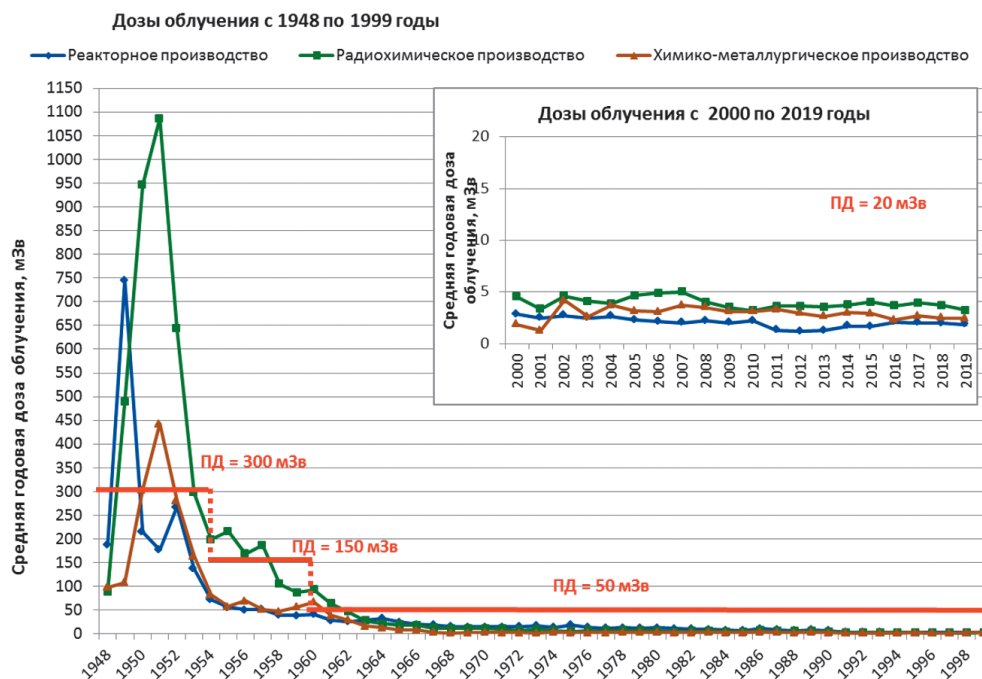
эффекты воздействия радиации на организм человека были еще мало изучены, не были развиты методы дозиметрического и радиометрического контроля и не было достаточных и эффективных средств индивидуальной защиты персонала.

Большой объем ремонтных работ, проводимых в условиях повышенного радиационного воздействия, привел в первый период к значительным дозовым нагрузкам на персонал, уровни которых превышали установленные пределы. На реакторном производстве среднегодовые дозы облучения достигали 746 мЗв<sup>1</sup> в 1949 г., на радиохимическом – 1086 мЗв в 1951 г., на химико-металлургическом (плутониевом) – 443 мЗв в 1951 г. Максимальные индивидуальные дозы достигали 8440 мЗв в год на радиохимическом производстве.

Нормативная база по внешнему облучению персонала также претерпевала значительные изменения по мере накопления знаний о биологическом действии излучения и возможных неблагоприятных последствий для человека. В 1948 г. для профессиональных работников действовали следующие ограничения доз внешнего облучения: 0,1 Р за 6 часов работы и 30 Р за год работы, одновременно разрешалось получение дозы в 25 Р за время не менее 15 мин. В 1954 году: 15 Р/год и 0,05 Р/день, при аварии – 25 Р/год. В 1960 г. допустимый предел годовой дозы был снижен до 5 бэр/год [1].

2. 1953–1959 гг. – период ликвидации последствий эксплуатации первого периода, в течение которого проводилось большое количество работ по реконструкции производства, перекомпоновка технологического оборудования, изменение технологии, проведение дезактивации, внедрение методов дистанционного управления, совершенствование организации работ, появление опытных профессио-

<sup>1</sup> в то время были другие дозиметрические величины и единицы их измерения, для упрощения сопоставления с современными величинами и единицами принято, что 1 Р примерно равен 10 мЗв.



**Рис.1.** Динамика изменения среднегодовых доз персонала основных производств ПО «Маяк», начиная с 1948 г., и значения установленных годовых нормативов облучения персонала (ПД) в разные периоды времени (1948 г. – 300 мЗв, 1954 г. – 150 мЗв, 1960 г. – 50 мЗв и 1996/1999 г. – 20 мЗв).

налов, ликвидация последствий аварии 1957 г. В это время отмечается постепенное снижение уровня индивидуальных доз.

3. 1960–1973 гг. – период совершенствования и оптимизации технологии, систем санитарно-гигиенического обеспечения, средств дезактивации, окончательного вывода из эксплуатации рабочих мест с неудовлетворительными санитарно-гигиеническими характеристиками, перехода на трехзональную планировку производственных участков. Для этого периода характерно сокращение числа ремонтных работ, стабилизация производства и облучения персонала на уровне на два порядка меньшем по отношению к первому периоду.

4. С 1974 г. – годы стабильной работы, совершенствования технологических процессов, улучшения условий труда, приведения их в соответствие с требованиями нормативных документов, достигнуто снижение уровней облучения персонала от 10–20 мЗв в год в 70-е и 80-е гг. до значений среднегодовой

дозы персонала на основных подразделениях 1,2–5,0 мЗв после 2000 г. В последние 10 лет значения среднегодовой дозы персонала по ПО «Маяк» в целом находятся в диапазоне 2,3–2,6 мЗв.

Данные о среднегодовых дозах персонала первенца атомной промышленности ПО «Маяк», которые представлены на рис.1, были впервые опубликованы в журнале «Природа» в 1990 г., позднее в журнале «Медицинская радиология и радиационная безопасность» и других отечественных и зарубежных журналах [6,7,8].

### Этап активного развития атомной отрасли: от ПГУ при СНК СССР к Минсредмашу СССР

Наряду с решением в очень сжатые сроки первостепенной задачи по обеспечению безопасности государства, руководство страны направило значительные ресурсы на развитие новой отрасли высокими темпами. Научно-тех-

нологическую базу обеспечивали уже упомянутые РИАН (Радиевый институт им. В.Г. Хлопина), НИИ-9 (ВНИИНМ им. А.А. Бочвара), а также Опытное конструкторское бюро машиностроения (создано в 1945 г., ныне ОКБМ Африкантов), НИИ-10 (создан в 1951 г., ныне ВНИИХТ), НИИ-8 (создан в 1952 г., ныне НИКИЭТ им. Н.А. Доллежала).

Строятся высокими темпами новые заводы по производству ядерного топлива и по производству металлического урана (кроме переданного в ведение ПГУ при СНК СССР в 1945 г. Электростальского машиностроительного завода) в г. Глазове – Чепецкий механический завод (ЧМЗ, основан в 1946 г.), в г. Новосибирске – Завод химических концентратов (НЗХК, основан в 1948 г.).

Важную задачу по наращиванию ядерного потенциала страны, укреплению ее обороноспособности и производству ядерных боеприпасов решали комбинат № 816 – Сибирский химический комбинат (СХК в г. Северске Томской обл.), основанный в 1949 г., и комбинат № 815 – Горно-химический комбинат (ГХК в г. Железногорске Красноярского края), основанный в 1950 г. В 1947 г. был основан завод № 418 – комбинат «Электрохимприбор» (ЭХП в г. Лесном Свердловской обл.), в 1952 г. – завод № 933 (Приборостроительный завод – ПСЗ в г. Трехгорный Челябинской обл.). В эти годы создавались предприятия по обогащению урана: в 1949 г. – комбинат № 813 – Уральский электрохимический комбинат (УЭХК в г. Новоуральске Свердловской обл.), в 1954 г. – Ангарский электролизный химический комбинат (АЭХК в г. Ангарске Иркутской обл.) и в 1955 г. – Электрохимический завод (ПО «ЭХЗ» в г. Зеленогорске Красноярского края).

Горнорудные предприятия СССР, которые обеспечивали добычу урановой руды и получение закиси-оксида урана, находились в основном на территории республик Средней Азии

(Таджикистана, Казахстана, Узбекистана, Киргизии) и Украины. На территории Российской Федерации в Ставропольском крае с 1950 по 1991 гг. эксплуатировалось Лермонтовское рудоуправление (позже ЛПО «Алмаз»). После распада СССР в России функционирует одно крупное горнорудное предприятие по добыче урана подземным способом – Приаргунское производственное горно-химическое объединение (ППГХО) в Читинской обл., созданное в 1972 г., и два предприятия по подземному выщелачиванию урановой руды: «Далур» в Курганской обл. (с 2001 г.) и «Хи-агда» в Забайкальском крае (с 1999 г.).

### **Показатели облучаемости персонала предприятий ядерно-оружейного комплекса и ядерного топливного цикла в разные периоды времени**

**СХК.** Высокие уровни радиационного воздействия на персонал ПО «Маяк» в первые годы его работы не были характерны для других предприятий отрасли, при создании которых, безусловно, учитывался опыт создания реакторов и технологического оборудования на ПО «Маяк», включая и обеспечение радиационной безопасности персонала. Вторым в стране плутониевым комбинатом – «дублером» «Маяка» – стал СХК, на котором, начиная с 1953 г., были запущены заводы: разделения изотопов, сублиматный, реакторный, радиохимический, химико-металлургический.

Динамика среднегодовых доз персонала основных производств СХК с 1955 г. приведена на рис.2. Применяемые технологии и радиационная обстановка на комбинате были существенно лучше, чем в первые годы освоения новых технологий на ПО «Маяк». Только в 1964 г. средние дозы на реакторном производстве превышали действовавший тогда норматив 5 бэр (50 мЗв) в год. Вместе с тем, максимальные значения доз, которые отмечались на реакторном и радиохимическом

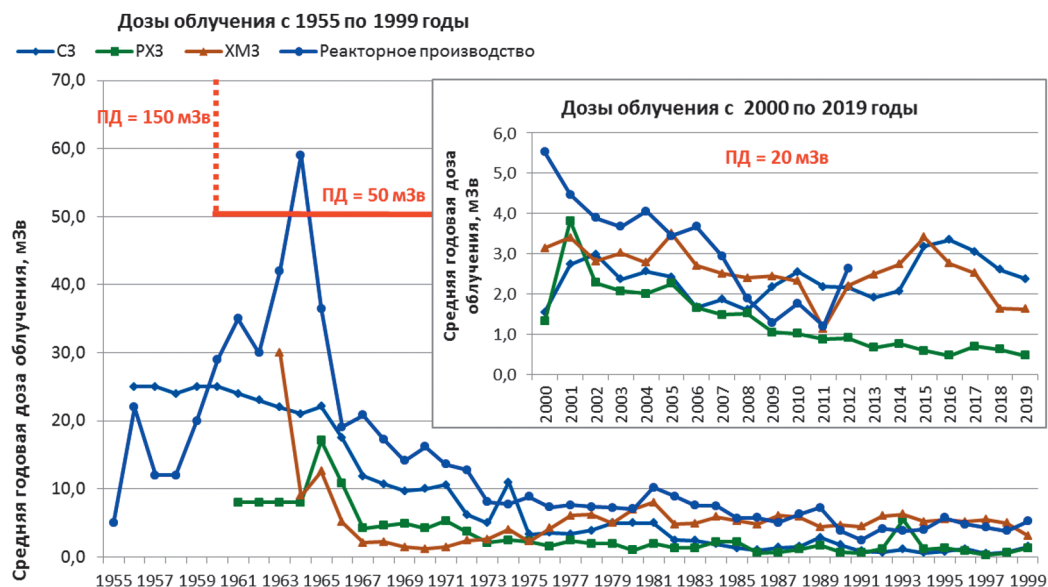


Рис.2. Динамика облучаемости персонала основных производств СХК, начиная с 1955 г.

заводах в 1964 г., достигали соответственно 220 мЗв и 138 мЗв. Это было обусловлено вводом в эксплуатацию технологического оборудования на ХМЗ и большим объемом ремонтных работ на РЗ. Последнее превышение норматива было отмечено в 1982 г. на РХЗ, максимальное значение составило 70 мЗв. Значения среднегодовых доз персонала основных производств СХК в последние годы находятся в диапазоне 0,5–3,0 мЗв, а по комбинату в целом 1,1–1,5 мЗв.

**ГХК.** Третьим плутониевым комбинатом стал ГХК. Основные заводы – реакторный и радиохимический – были пущены в 1958 и 1964 гг. соответственно. Среднегодовые дозы внешнего облучения у работников основных производств предприятия (Реакторного завода и Радиохимического завода) не превышали норматива 5 бэр. Наибольшая средняя доза облучения (4,0 бэр) была зарегистрирована у персонала Радиохимического завода в 1965 г. и была обусловлена большим объемом дозозатратных работ при освоении технологии и пуске в эксплуатацию 1-й и 2-й очереди радиохимического производства. Динамика среднегодовых доз персонала основных про-

изводств ГХК с 1956 г. приведена на рис.3.

В последние годы значения среднегодовых доз персонала основных производств ГХК находятся в диапазоне 0,6–3,7 мЗв, а по комбинату в целом 0,7–1,1 мЗв.

**ВНИИЭФ и ВНИИТФ.** Основная деятельность оружейных ядерных центров связана с созданием ядерных зарядов и боеприпасов, а также подготовкой и проведением испытаний ядерного оружия [9]. С начала 1947 г. работы в КБ-11 были направлены на ликвидацию монополии США на ядерное оружие.

В первый период работы, до вступления в силу Договора о запрещении испытания ядерного оружия в трех средах в 1962 г., деятельность КБ-11 характеризовалась достаточно большими дозовыми нагрузками на персонал (среднегодовые дозы облучения, полученные персоналом КБ-11, 130 мЗв и по отдельным подразделениям до 187 мЗв). Начиная с 1963 г., проводились только подземные ядерные испытания, и дозовые нагрузки на персонал снижались по мере совершенствования технологии проведения испытаний. После 1990 г. испытания проводятся в режиме неядерных взрывных экспериментов, что привело к сни-

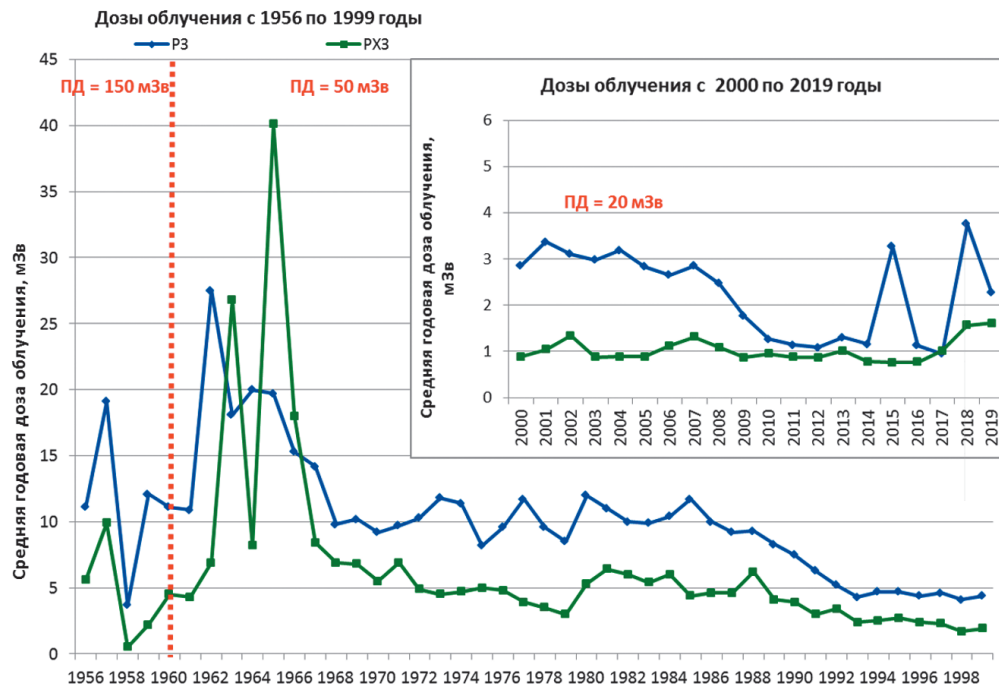


Рис.3. Динамика облучаемости персонала основных производств ГХК.

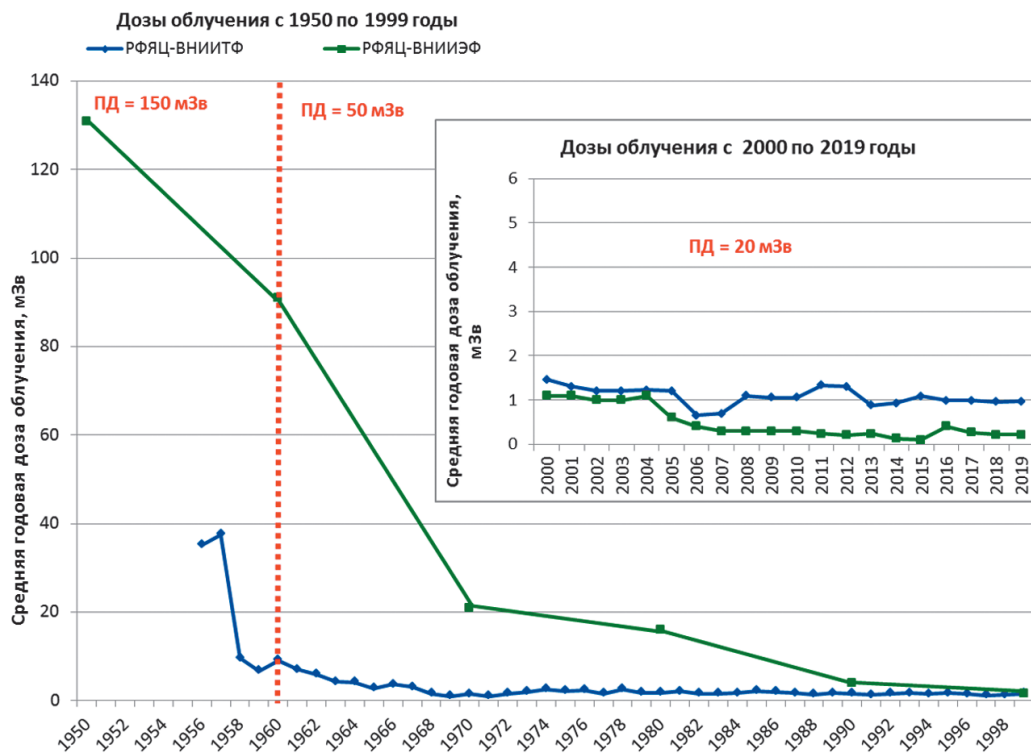


Рис.4. Динамика облучаемости персонала основных подразделений ВНИИЭФ с 1950 г. и работников ВНИИТФ с 1956 г.



жению дозовых нагрузок на персонал. Современные среднегодовые дозы персонала основных подразделений ВНИИЭФ не превышают 1 мЗв и находятся на уровне 0,1–0,4 мЗв.

Во втором ядерном центре ВНИИТФ среднегодовые дозы персонала с первых лет работы были меньше, чем во ВНИИЭФ. В последние годы уровень облучения персонала составляет около 1 мЗв/год.

На серийных предприятиях по производству ядерных боеприпасов ЭХП, ПСЗ и других уровни облучения персонала были ниже, чем во ВНИИЭФ, и во все годы не превышали установленных дозовых пределов.

**Основные предприятия ядерного топливного цикла.** На рис.5 приведены среднегодовые дозы облучения персонала МСЗ и НЗХК – предприятий по производству порошков, топливных таблеток, производства ТВЭЛ и ТВС для АЭС, промышленных и исследовательских реакторов. В зависимости от производственных программ и изменявшихся технологиче-

ских процессов в начальный период работы МСЗ дозы были от 3 до 6 мЗв, на НЗХК в диапазоне 4–27 мЗв. На ЧМЗ – предприятия по производству металлического природного и обедненного урана – средние дозы облучения персонала превышали 7 мЗв/год, максимально в 1985 г. составляли 26,7 мЗв в период наиболее интенсивной работы уранового производства. Современные уровни облучения персонала на этих предприятиях – от 1,3 до 2,0 мЗв.

На рис.6 представлены дозы облучения персонала УЭХК, АЭХК и ЭХЗ, основным видом деятельности которых является разделение изотопов урана диффузионным методом и сублиматное производство. На АЭХК сублиматное производство функционировало до 2014 г.

На ранней стадии деятельности ЭХЗ радиационный контроль осуществлялся в соответствии с требованиями, изложенными в Нормах радиационной безопасности и Основных санитарных правилах (ОСП). В соответствии

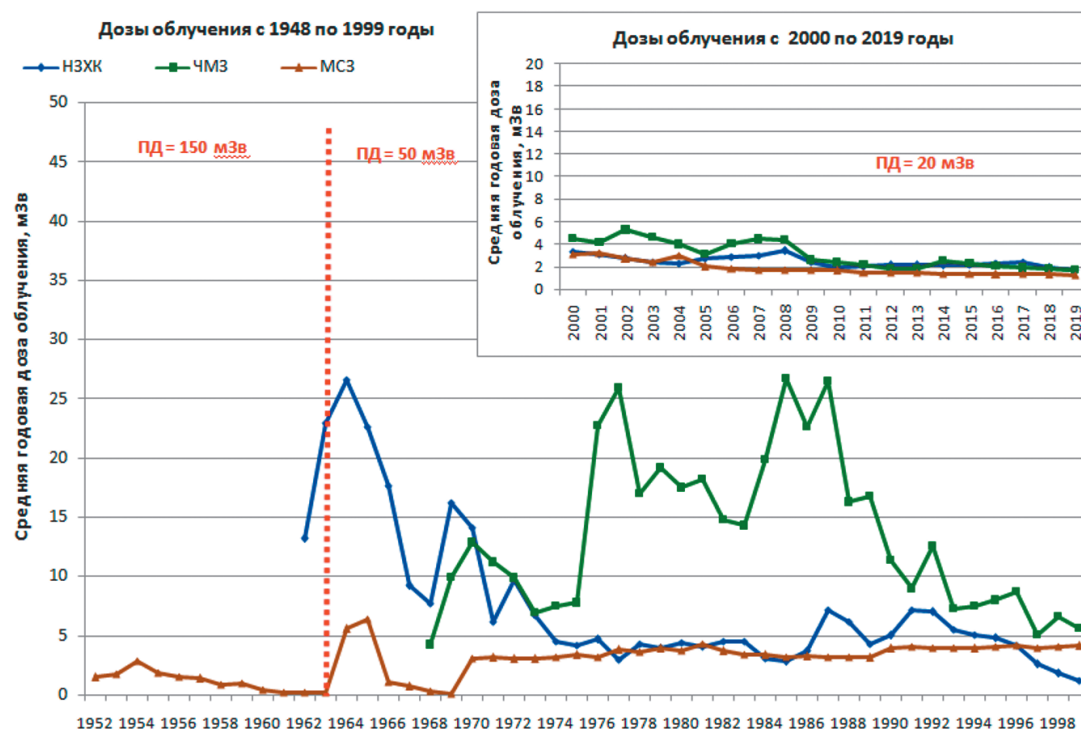
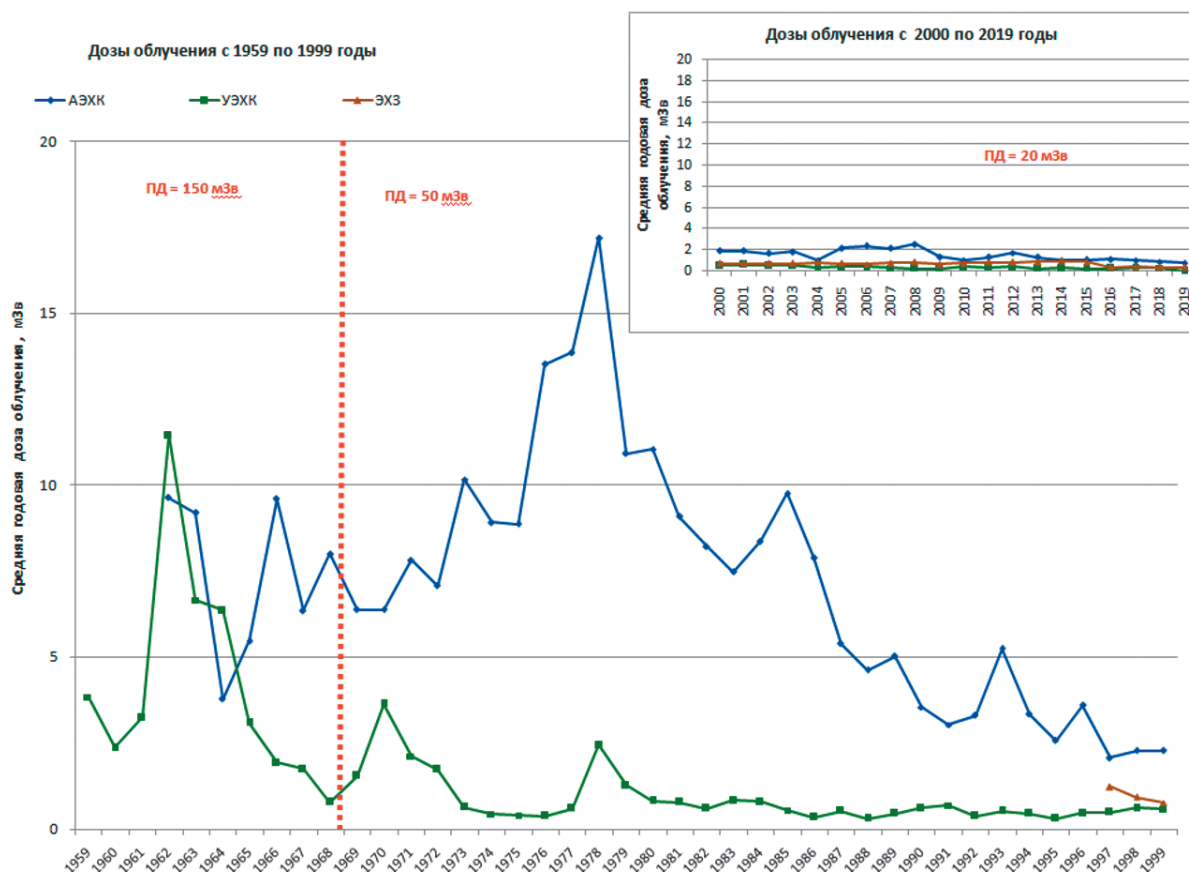


Рис.5. Среднегодовые дозы работников МСЗ, НЗХК, ЧМЗ с 1952 года.



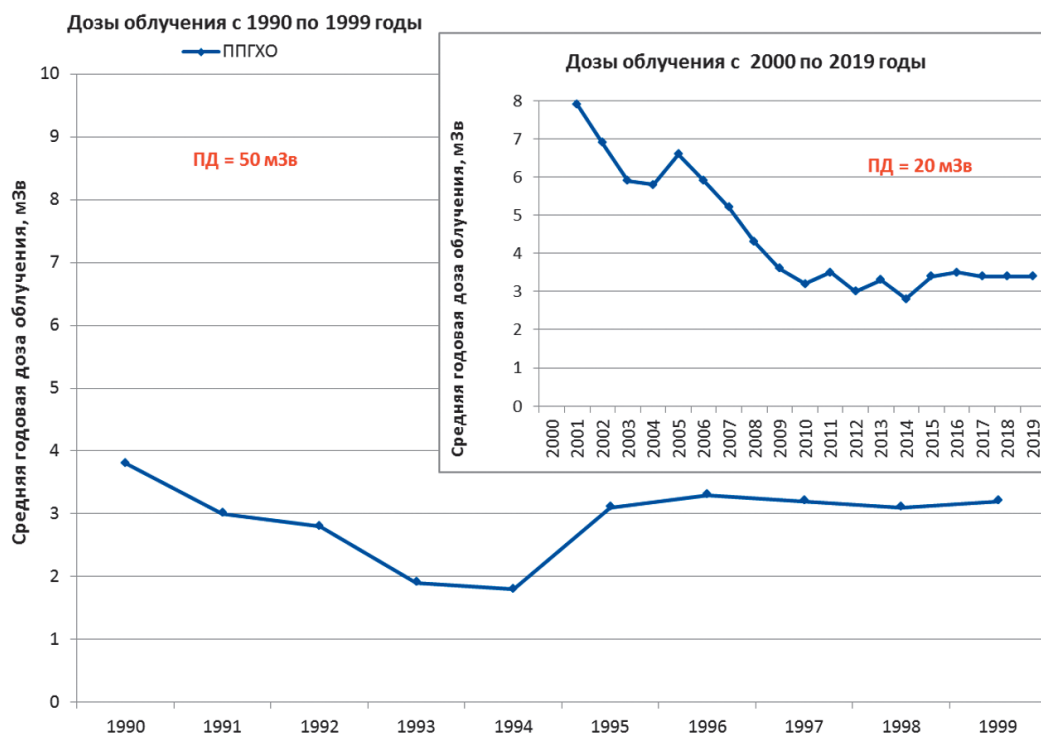
**Рис.6.** Среднегодовые дозы работников УЭХК, АЭХК и ЭХЗ с 1958 г.

с требованиями ОСП, оценка облучения персонала проводилась по данным контроля мощности дозы внешнего излучения и концентрации радионуклидов в воздухе рабочей зоны, с констатацией в отчетной документации факта о непревышении 0,3 годовой ПДД, что и показано на рис.6.

С 1999 г. после ввода в действие в Российской Федерации нормативных требований по обязательному ИДК внешнего гамма-излучения для всего персонала группы А и внедрения комплексов ИДК на всех предприятиях стала осуществляться регистрация индивидуальных доз облучения.

**ППГХО.** Данные о среднегодовых дозах персонала горнорудного предприятия по добыче урана подземным способом ППГХО, начиная с 1990 г., представлены на рис.7. Первая очередь предприятия была пущена в 1974 г.,

с этого времени осуществлялся контроль воздействия радиационных факторов на персонал, в т. ч. индивидуальный контроль доз внешнего облучения персонала на подземных горных работах и на гидрометаллургическом заводе. Проводился учет ведущего фактора радиационного воздействия на горнорабочих – короткоживущих продуктов распада радона. Документальные данные о среднегодовых дозах облучения персонала ППГХО с начала эксплуатации по 1989 г. отсутствуют, вместе с тем оценки, сделанные на основании сохранившихся в архивах докладов и других документов, свидетельствуют о том, что облучение персонала в целом не превышало установленных нормативов, действовавших на тот период времени (НРБ-69, НРБ-76, НРБ-76/87). Средние уровни доз составляли 70% от предельно допустимой ПДД для внешнего облу-



**Рис.7.** Среднегодовые дозы работников ППГХО за период с 1990 г.

чения и 37% от предельно допустимого ПДП для внутреннего облучения. Превышения ПДП короткоживущих продуктов распада радона на подземных горных работах в отдельные годы зафиксированы у 53 человек.

### От атома военного к атому мирному: Минсредмаш СССР – Минатомэнергопром СССР, Минатом России, Федеральное агентство по атомной энергии, Госкорпорация «Росатом»

В отличие от «Манхэттенского проекта» США в СССР одновременно с военным применением атомной энергии сразу же были сделаны шаги к ее мирному использованию. 25 декабря 1946 г. ПГУ были сформулированы основные направления освоения атомной энергии в мирных целях.

В мае 1950 г. Правительство СССР приняло постановление «О научно-исследовательских, проектных и экспериментальных работах по использованию атомной энергии для мирных целей». В результате принятых решений под

руководством И.В. Курчатова построена и 26 июня 1954 г. пущена первая в мире атомная электростанция в подмосковном Обнинске мощностью 5 МВт с уран-графитовым каналным реактором АМ («Атом мирный») с водяным теплоносителем. В 1955 г. запущен в эксплуатацию первый в мире реактор на быстрых нейтронах БР-1 с нулевой мощностью, а через год – БР-2 тепловой мощностью 100 КВт.

В июне 1955 г. И.В. Курчатов и А.П. Александров возглавили разработку программы развития ядерной энергетики в СССР, предусматривающую широкое использование атомной энергии для энергетических, транспортных и других народнохозяйственных целей. Опыт создания упомянутой ранее первой подводной лодки проекта К-3 был использован при сооружении гражданских атомных ледоколов, обеспечивших круглогодичное судоходство по трассе Северного морского пути. Решение о строительстве первого атомного ледокола было принято 20 ноября 1953 г., его закладка состоялась 24 августа 1956 г. на

стапеле Адмиралтейского завода в Ленинграде и 5 декабря 1959 г. атомный ледокол «Ленин» был принят в эксплуатацию.

Некоторые промышленные уран-графитовые реакторы, построенные и принятые в эксплуатацию в 50-е и 60-е гг., имели двойное назначение – наработка оружейного плутония, а также производство электроэнергии и тепла. На площадке СХК в 1958 г. запущен реактор ЭИ-2 (мощностью 100 МВт) – 1-й блок Сибирской АЭС (первой промышленной АЭС в Советском Союзе), суммарная мощность которой в 1965 г. (после пуска реактора АДЭ-5) составила 600 МВт. На площадке ГХК в 1964 г. запущен Атомный ТЭЦ (реактор АДЭ-2 мощностью 180 МВт).

В 1964 г. были запущены первенцы большой ядерной энергетики СССР: реактор АМБ-100 на Белоярской АЭС и первый реактор ВВЭР-210 на Нововоронежской АЭС. Следующие блоки на этих АЭС были введены: в 1967 г. АМБ-200 на Белоярской АЭС и в 1969 г. ВВЭР-365 на Нововоронежской АЭС. В 1973 г. был введен в эксплуатацию первый в мире энергетический реактор на быстрых нейтронах БН-350 (г. Шевченко, ныне г. Актау, Казахстан), следующий «быстрый» реактор БН-600 был пущен в 1980 г. на Белоярской АЭС. Запуск первого реактора РБМК мощностью 1000 МВт состоялся в 1974 г. на Ленинградской АЭС. В период с 1957 по 1967 гг. в странах Восточной Европы, Азии и Африки СССР было построено 25 атомных установок, в том числе 10 реакторов АЭС.

В 70-е, 80-е гг. в СССР были построены и введены в эксплуатацию новые блоки на следующих АЭС:

- Нововоронежской (2×ВВЭР-440, ВВЭР-1000),
- Кольской (4×ВВЭР-440),
- Билибинской (4×ЭГП-6),
- Ленинградской (4×РБМК-1000),
- Курской (4×РБМК-1000),

- Смоленской (3×РБМК-1000),
- Калининской (2×ВВЭР-1000),
- Балаковской (3×ВВЭР-1000).

Уже во времена Российской Федерации были достроены блоки:

- на Балаковской (ВВЭР-1000),
- на Калининской (2×ВВЭР-1000),
- на Ростовской (4×ВВЭР-1000).

Построены и запущены новые блоки на Нововоронежской-2 и Ленинградской-2 (по два энергоблока ВВЭР-1200). В 2019 г. запущена Плавучая атомная теплоэлектростанция «Академик Ломоносов» с реакторными установкам КЛТ-40С (70 МВт).

Следует отметить, что в состав атомной отрасли (в ведении Минсредмаша СССР) входили только Обнинская, Сибирская, Ленинградская АЭС и АТЭЦ в г. Железногорске. Остальные АЭС были в ведении Главатомэнерго в составе Минэнерго СССР и вошли в состав атомной отрасли в июне 1989 г. после образования Минатомэнергопрома СССР.

Единственный в мире атомный ледокольный флот свое начало берет в 1959 г. с ледокола «Ленин». С 1975 по 1992 гг. на Балтийском заводе имени Серго Орджоникидзе в Ленинграде были построены атомные ледоколы «Арктика», «Сибирь», «Россия», «Советский Союз» и «Ямал». В 1988 г. на Керченском судостроительном заводе «Залив» имени Б.Е. Бутомы был создан лихтеровоз-контейнеровоз «Севморпуть». Атомные ледоколы «Таймыр» и «Вайгач» строились по заказу СССР на судостроительной верфи компании «Вяртсиля» в Финляндии с 1985 по 1989 гг., ледокол «50 лет Победы» строился на Балтийском заводе с 1989 по 2007 гг. Действующими в настоящее время остаются 4 ледокола: «Ямал», «Таймыр», «Вайгач», «50 лет Победы» и лихтеровоз «Севморпуть». Атомный ледокольный флот вошел в состав Госкорпорация «Росатом» в августе 2008 г.

### **Научно-исследовательская база атомной энергетики и ядерного топливного цикла**

1. 31 мая 1946 г. в городе Обнинске Калужской области был основан Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского (ФЭИ), сначала называвшийся Лабораторией «В». В институте, целью создания которого была разработка ядерных реакторов, в кооперации с ведущими НИИ, КБ и предприятиями Минсредмаша СССР была создана и построена первая в мире АЭС. Экспериментальная база ФЭИ включала 6 исследовательских реакторов, 5 критических стендов, комплекс «горячих камер». ФЭИ осуществлял научное руководство и участвовал в разработке более 120 проектов различных реакторных установок для гражданских и военных применений.

2. 15 марта 1956 г. в г. Мелекесс (ныне Дмитровград) Ульяновской области был образован Научно-исследовательский институт атомных реакторов (НИИАР), который вначале имел статус опытной станции по испытанию ядерных реакторов (п/я 30) – Филиал № 1 Института атомной энергии АН СССР (Курчатовского института). Начиная с 1961 г. в институте шли запуски объектов ядерных научных исследований. В настоящее время там эксплуатируются семь исследовательских реакторов (СМ, МИР, РБТ-6, РБТ-10/1, РБТ-10/2, БОР-60, ВК-50). В 1964 г. был запущен крупнейший комплекс для материаловедческих исследований элементов активных зон ядерных реакторов, образцов облученных материалов и ядерного топлива. Затем были введены в эксплуатацию: комплекс стендов, установок и технологических линий для проведения исследовательских работ в области ядерного топливного цикла, а также радиохимический комплекс для исследования свойств трансурановых элементов, радионуклидов высокой удельной активности для разработки и выпуска источников ионизирующих излучений.

3. В июле 1962 г. в городе Сосновый Бор Ленинградской области была образована Государственная испытательная станция (ГИС) корабельных атомных энергетических установок – филиала ИАЭ (ныне Научно-исследовательский технологический институт имени А.П. Александрова, НИТИ). В 1971 г. в НИТИ смонтированы и введены в эксплуатацию 4 стенда с различными ядерными энергетическими установками для АПЛ.

4. 30 августа 1962 г. в городе Заречном Свердловской области было начато строительство исследовательского ядерного реактора ИВВ-2 для нужд Физико-технического факультета УПИ (ныне физико-технологический институт УрФУ). Реактор был пущен в апреле 1966 г. и вошел в материаловедческий комплекс в составе Института реакторных материалов (ИРМ).

### **Предприятия по сбору, переработке и хранению радиоактивных отходов**

1. Предприятие «Объединенный эколого-технологический и научно-исследовательский центр по обезвреживанию РАО и охране окружающей среды» – ФГУП «РАДОН» (ранее предприятие п/я № 662) в Загорском (ныне Сергиево-Посадском) районе Московской обл. было создано 27 февраля 1960 г. ФГУП «РАДОН» специализируется на обращении с радиоактивными отходами (РАО) средней и низкой активности, образующимися в народном хозяйстве (в науке, промышленности, медицине, сельском хозяйстве и т. д.). Предприятие осуществляет весь комплекс работ с РАО – их сбор, транспортировку, переработку и хранение, а также проводит радиационно-аварийные работы по удалению обнаруженных радиоактивных загрязнений и радиоэкологический мониторинг населенных пунктов и окружающей среды. 27 апреля 2013 г. ФГУП «РАДОН» был передан в состав Госкорпорации «Росатом».

2. Предприятие по обращению с радиоактивными отходами «РосРАО» (ныне ФГУП «Федеральный экологический оператор») – специализированная организация, занимающаяся обращением с РАО, включая сбор, транспортирование, переработку, кондиционирование, хранение отходов низкого и среднего уровня активности, а также обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами, накопленными в процессе деятельности Военно-морского флота и образующимися при утилизации атомных подводных лодок и надводных кораблей с ядерными энергетическими установками. В 1958 г. в СССР были образованы первые 5 региональных спецкомбинатов «РАДОН», в 2008 г. все 15 спецкомбинатов были переданы под управление Госкорпорации «Росатом», образовано ФГУП «РосРАО». В 2011 г. в него вошли ФГУП «СевРАО» и ФГУП «ДальРАО», всего в его составе в настоящее время насчитывается 21 отделение, расположенные в различных регионах Российской Федерации.

### Показатели облучаемости персонала АЭС, НИИ, «РАДОН», «РосРАО» и Атомфлота в разные периоды времени

На рис.8 представлены среднегодовые дозы облучения персонала первых АЭС: Белоярской, Нововоронежской и Кольской.

На Белоярской АЭС в период 1965–1988 гг. зарегистрированные дозы были в диапазоне 7,4–27,3 мЗв, максимальное значение – 99,7 мЗв в 1976 г., в последние годы – 0,2–0,5 мЗв при максимальной 13,6 мЗв в 2018 г. На Нововоронежской АЭС в период 1965–1996 гг. дозы были в диапазоне 4,0–27,3 мЗв, максимальные значения – 158,2 мЗв в 1965 г., в последние годы – 0,5–1,3 мЗв при максимальной 16,99 мЗв в 2018 г. На Кольской АЭС в период 1975–2000 гг. дозы были в диапазоне 1,8–9,5 мЗв, максимальные значения – 86,0 мЗв в 1986 г., в последние годы – 0,84–1,74 мЗв при максимальной 17,85 мЗв в 2010 г.

На рис.9 представлены среднегодовые дозы облучения персонала АЭС с реакторами

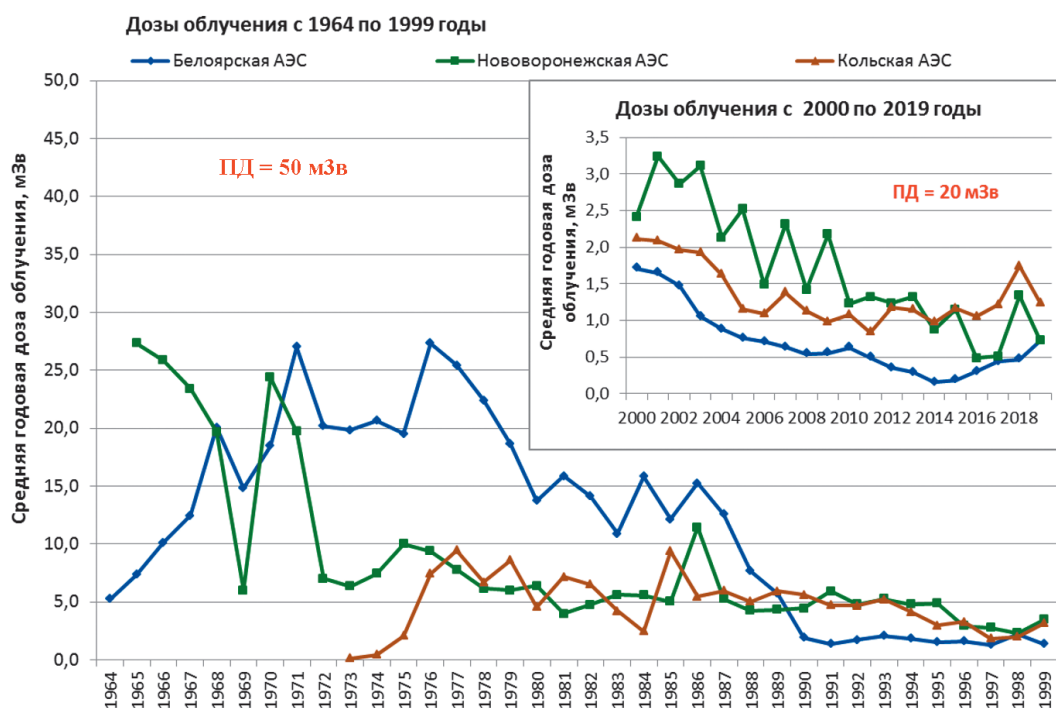
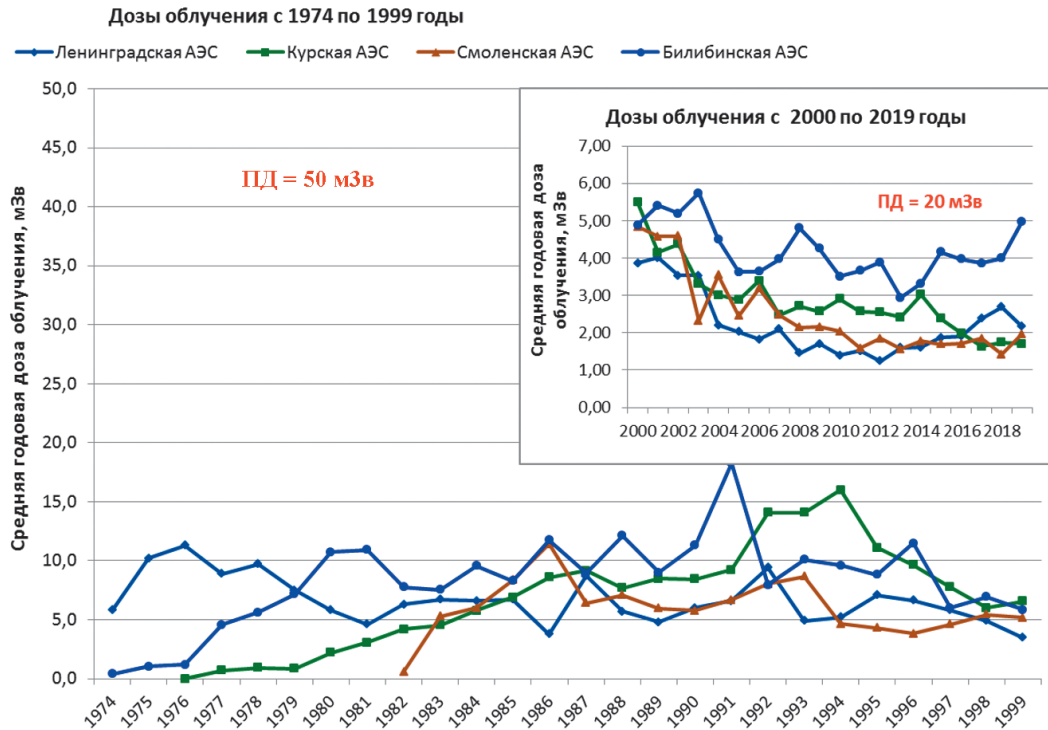
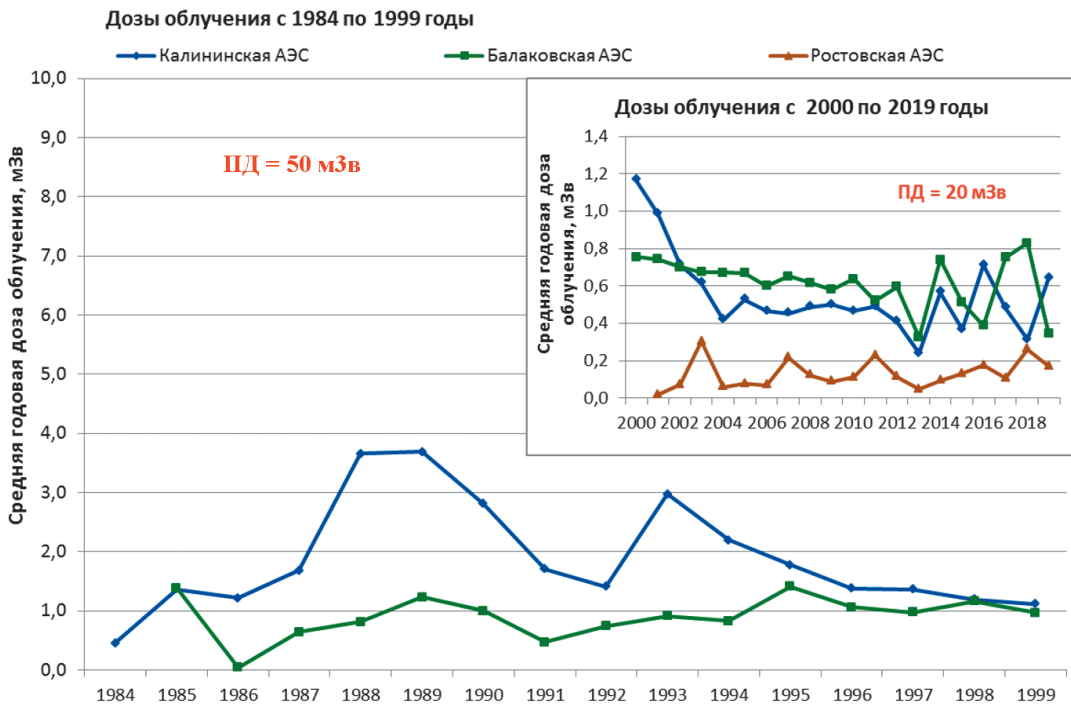


Рис.8. Динамика облучаемости персонала Белоярской АЭС, Нововоронежской АЭС и Кольской АЭС.



**Рис.9.** Динамика облучаемости персонала Ленинградской АЭС, Курской АЭС, Смоленской и Билибинской АЭС с 1974 г.



**Рис.10.** Динамика облучаемости персонала Балаковской АЭС, Калининской АЭС и Ростовской АЭС с 1984 г.

РБМК-1000 и ЭГП-6: Ленинградской, Курской, Смоленской и Билибинской АЭС.

На Ленинградской АЭС в период 1974–2000 гг. зарегистрированные дозы были в диапазоне 4,0–11,3 мЗв, максимальное значение – 103,4 мЗв в 1975 г., в последние годы – 1,2–2,7 мЗв при максимальной дозе 19,5 мЗв в 2010 г. На Курской АЭС в период 1977–2000 гг. дозы были в диапазоне 0,9–16,0 мЗв, максимальные значения – 49,9 мЗв в 1985–1994 гг., в последние годы – 1,6–3,0 мЗв при максимальной дозе 16,98 мЗв в 2018 г. На Смоленской АЭС в период 1982–2000 гг. дозы были в диапазоне 3,8–8,7 мЗв, максимальные значения – 100,3 мЗв в 1985 г., в последние годы – 1,4–2,0 мЗв при максимальной дозе 20,0 мЗв в 2010 г. На Билибинской АЭС в период 1977–2000 гг. зарегистрированные дозы были в диапазоне 4,6–18,3 мЗв, максимальное значение – 49,9 мЗв в 1983 г., в последние годы – 2,9–4,8 мЗв при максимальной дозе 19,3 мЗв в 2010 г.

На рис.10 представлены среднегодовые дозы облучения персонала АЭС с реакторами ВВЭР-1000: Балаковской АЭС, Калининской АЭС и Ростовской АЭС.

На Балаковской АЭС в период 1985–2000 гг. диапазон зарегистрированных доз составил 0,5–1,4 мЗв, максимальное значение – 38,7 мЗв в 1989 г., в последние годы – 0,4–0,8 мЗв при максимальной дозе 17,0 мЗв в 2010 г. На Калининской АЭС в период 1984–2000 гг. дозы были в диапазоне 1,1–3,6 мЗв, максимальные – 104,6 мЗв в 1990 г., в последние годы – 0,4–0,8 мЗв при максимальной дозе 15,9 мЗв в 2012 г. На Ростовской АЭС в период 2001–2010 гг. дозы были в диапазоне 0,06–0,3 мЗв, максимальные значения – 5,8 мЗв в 2007 г., в последние годы – 0,05–0,26 мЗв при максимальной дозе 7,25 мЗв в 2018 г.

На рис.11 представлены среднегодовые дозы облучения персонала научно-исследовательских институтов отрасли.

В архиве Радиевого института им. В.Г. Хлопина сохранились дела с данными по ИДК сотрудников, формирование которых было начато в 1954 г. В период 1954–1984 гг. зарегистрированные среднегодовые дозы были в диапазоне 30–80 мЗв, наибольшее значение – 87,6 мЗв в 1956 г., в последние годы – 1,6–2,8 мЗв.

В ФЭИ в период 1951–1991 гг. зарегистрированные дозы были в диапазоне 3,5–29,7 мЗв, в последние годы – 2,0–3,1 мЗв.

В ИРМ зарегистрированные среднегодовые дозы в период 1966–1984 гг. были в диапазоне 4,8–17,6 мЗв, наибольшее значение на реакторной установке – 23,4 мЗв в 1975 г., в последние годы – 3,3–4,1 мЗв.

В НИИАР зарегистрированные среднегодовые дозы в период 1974–1999 гг. были в диапазоне 1,6–9,6 мЗв, наибольшее значение на исследовательских ядерных установках – 9,5 мЗв в 1979 г., в последние годы – 1,9–2,8 мЗв.

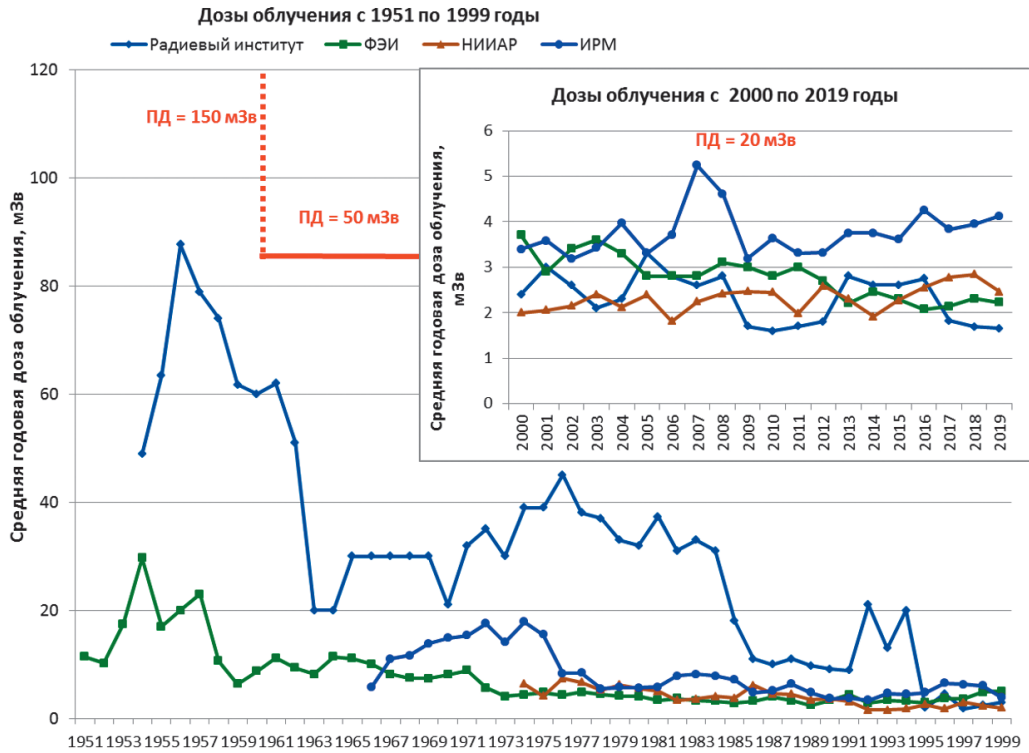
В НИТИ им. А.П. Александрова (на рис.11 не показан) в период 1999–2019 гг. среднегодовые дозы были в диапазоне 1,3–2,8 мЗв. По ряду ведущих институтов, относящихся к ядерно радиационно опасным объектам (ЯРОО), документальные данные о дозах облучения персонала отсутствуют.

На рис.12 представлены среднегодовые дозы облучения персонала «РАДОН» и отделений «РосРАО» с 1961 по 1999 гг. и на рис.13 – с 2000 по 2019 гг.

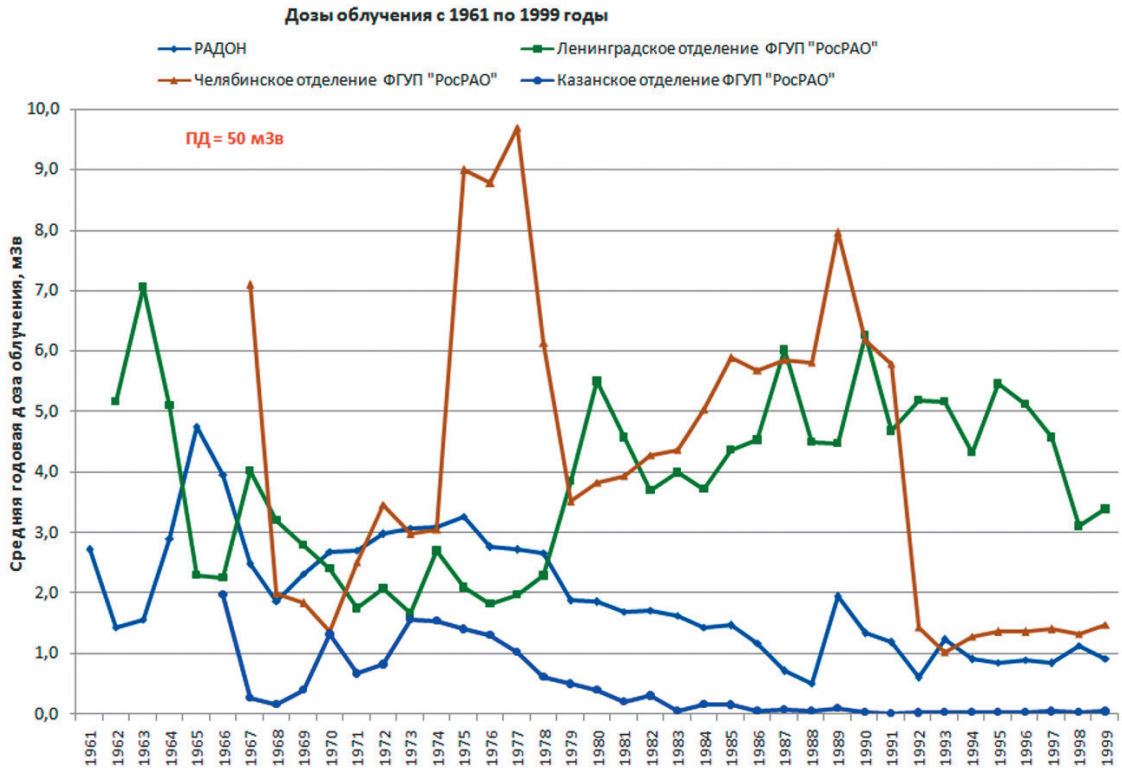
На предприятии по обращению с радиоактивными отходами «РАДОН» зарегистрированные дозы в период 1961–1999 гг. находились в диапазоне 0,8–3,3 мЗв, наибольшее значение среднегодовой дозы в 1965 г. – 4,8 мЗв, в последние годы дозы были 0,4–0,7 мЗв. Наибольшие дозы 17,0 мЗв отмечались в 1962 г. в процессе работы при переработке РАО.

На рис.12 и 13 приведены данные о среднегодовых дозах облучения персонала, наиболее

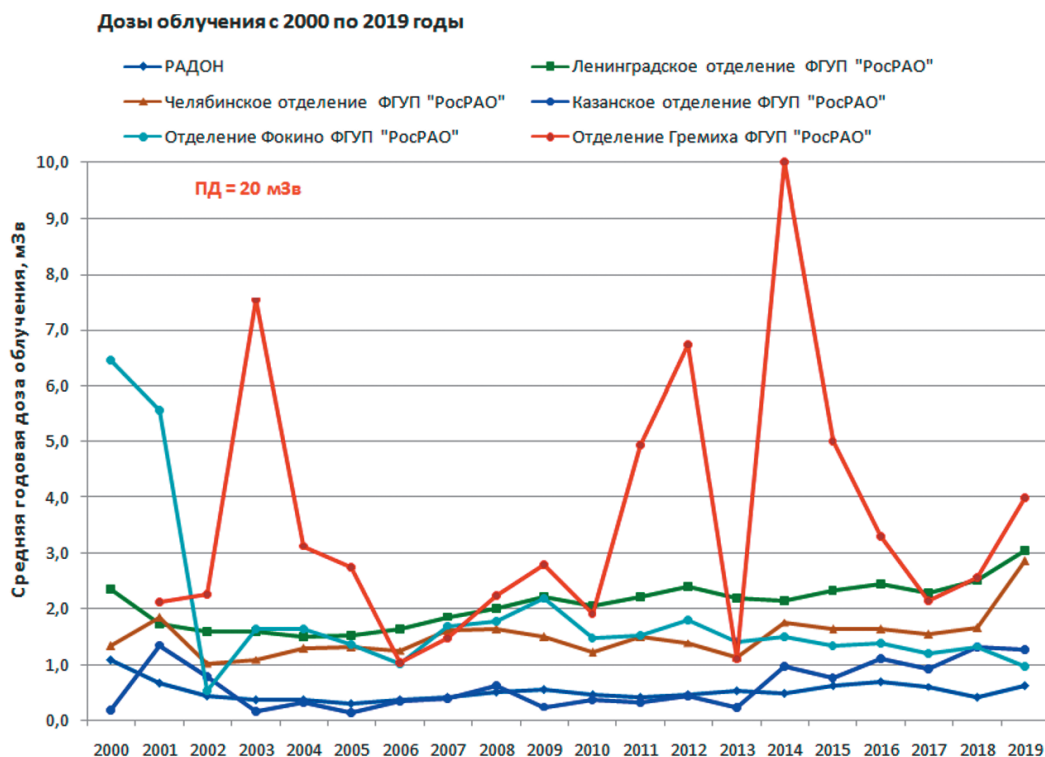




**Рис.11.** Среднегодовые дозы персонала ФЭИ с 1951 г., Радиевого института им. В.Г. Хлопина с 1954 г., ИРМ с 1966 г., НИИАР с 1974 г.



**Рис.12.** Среднегодовые дозы облучения персонала «РАДОН» и отделений «РосРАО» до 2000 г.



**Рис.13.** Среднегодовые дозы облучения персонала «РАДОН» и отделений «РосРАО» после 2000 г.

характерных для 5-и отделений «РосРАО». Типичный диапазон доз – 1,0–6,0 мЗв в период с 1961 по 1999 гг., наибольшие значения среднегодовой дозы были отмечены: 7,1 мЗв в 1963 г. в Ленинградском отделении «РосРАО»; 8,0 мЗв в 1989 г. в Челябинском отделении и 10,0 мЗв в 2014 г. в отделении Гремиха. В последние годы характерный диапазон доз облучения персонала для 5-и отделений «РосРАО» – 0,2–2,0 мЗв.

**Атомфлот.** С момента образования в 2008 г. и по настоящее время среднегодовые дозы персонала находятся в диапазоне 0,73–1,3 мЗв, максимальное значение дозы 3,8 мЗв было зарегистрировано в 2012 г. у персонала, осуществляющего обращение с ЯТ и РАО, ремонт и перезарядку судов с ЯЭУ.

### Обобщенная оценка современного состояния облучаемости персонала отрасли

Произошедшие в течение последних 25-и лет изменения в нормативно-правовой сфере Рос-

сийской Федерации неизбежно повлияли на изменение облика атомной отрасли. С 2002 г. публиковались отраслевые отчеты по безопасности [10], которые содержали: фактические данные о ее состоянии, включая радиационную безопасность, информацию о перспективных планах и мероприятиях, направленных на повышение ее уровня, подходы и практические меры по решению исторически накопленных проблем в атомной отрасли. Публикация ежегодных отраслевых отчетов по безопасности, а с 2010 г. Публичных годовых отчетов Госкорпорации «Росатом» способствует созданию позитивного имиджа отрасли [11].

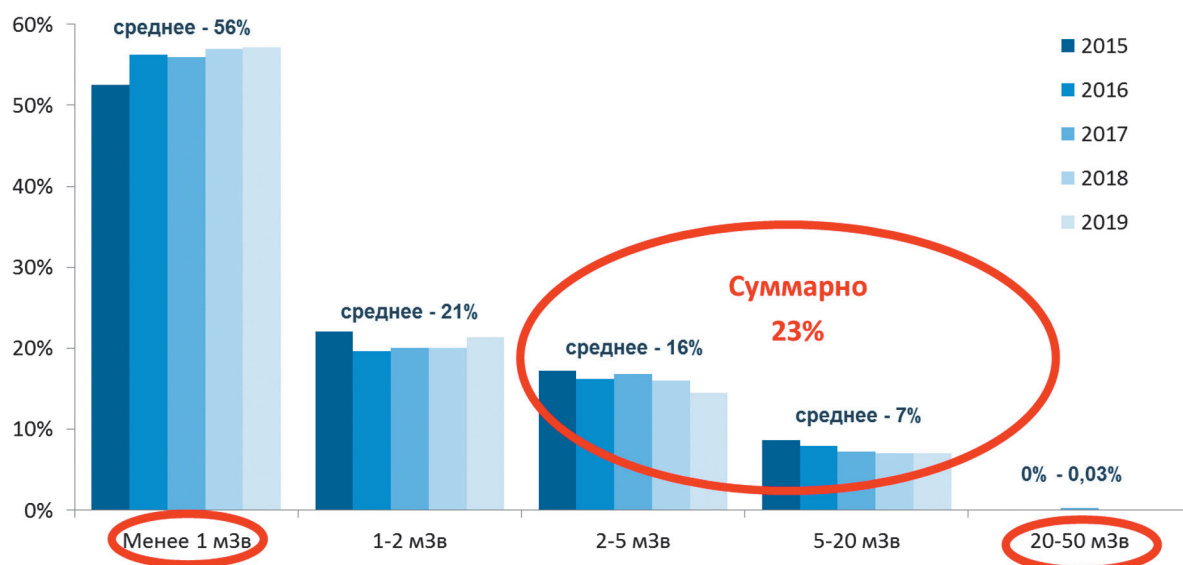
На рис.14 представлены среднегодовые и коллективные дозы облучения персонала и численность лиц персонала группы А отрасли (Минатома России, Федерального агентства по атомной энергии, Госкорпорации «Росатом») в период 2000–2019 гг., на котором видна устойчивая тенденция снижения уровня облучения персонала отрасли



**Рис.14.** Показатели облучаемости персонала и численность лиц персонала группы А отрасли Минатома России, Федерального агентства по атомной энергии, Госкорпорации «Росатом» в период 2000–2019 гг.



**Рис.15.** Число лиц с дозами 20–50 мЗв по отрасли в период 2000–2019 гг. Наблюдается сокращение числа лиц с дозами 20–50 мЗв в первые 10 лет и стабильный уровень в последующие 10 лет.



**Рис.16.** Распределение по диапазонам доз в период 2015–2019 гг.

в первые 10 лет и стабильный уровень в последующие 10 лет. На рис.15 – аналогичная тенденция сокращения и стабилизации числа лиц с дозами 20–50 мЗв по отрасли в период 2000–2019 гг.

Уровень облучения персонала Госкорпорации «Росатом» в последние годы может быть characterized следующим образом:

- отсутствуют лица, у которых превышался годовой предел дозы (50 мЗв), и с суммарной эффективной дозой более 100 мЗв за пять последовательных лет;
- среднегодовые дозы облучения персонала последние восемь лет изменяются незначительно и находятся на достаточно низком уровне (1,6–1,75 мЗв);
- доля персонала группы А, дозовые нагрузки которого не превышали 1 мЗв/год в 2019 г., составила 57%, а для 92,8% не превышали 5 мЗв/год.

#### **Применение принципа оптимизации в отрасли с использованием системы оценки профессионального радиационного риска**

В число основных принципов обеспечения радиационной безопасности при нормальной эксплуатации источников излучения, которые

ми необходимо руководствоваться согласно общим положениям «Норм радиационной безопасности (НРБ-99/2009)» [12], относится принцип оптимизации.

К основополагающим принципам согласно Нормам МАГАТЭ по безопасности 2007 г. (Основы безопасности № SF-1) и Международным основным нормам безопасности 2014 г. (Радиационная защита и безопасность источников излучения. Общие требования безопасности. № GSR Part 3 МАГАТЭ) [13,14] отнесен принцип оптимизации защиты, с которым тесно связан принцип ограничения рисков в отношении физических лиц: «Меры по контролю за радиационными рисками должны обеспечивать, чтобы ни одно физическое лицо не подвергалось неприемлемому риску нанесения вреда. ... Для достижения желательного уровня безопасности необходимы оптимизация защиты и ограничение доз и рисков в отношении физических лиц».

Оценка существующих радиационных рисков персонала и их прогноз являются не только индикаторами безопасности, но и могут быть применены при принятии управленческих решений по оптимизации радиационной защиты персонала.

В последние 15 лет в Госкорпорации «Росатом» проводится системная работа по определению радиационного риска персонала группы А с использованием системы оценки профессионального радиационного риска АРМИР [15,16].

В 2019 г. индивидуальный риск определен для 64932 человек (99,8% от численности персонала группы А). Среднее значение индивидуального радиационного риска составило  $0,61 \cdot 10^{-4}$ , что меньше, чем в предыдущие годы. Абсолютное большинство персонала группы А по-прежнему работает в условиях приемлемого профессионального риска. Для 700 человек индивидуальный риск превысил величину  $10^{-3}$  (1,08% от численности персонала, включенного в систему АРМИР). Средний возраст работников из группы повышенного риска составил 61 год, среди них нет лиц моложе 45 лет. Для этой категории работников средняя накопленная доза составляет 415 мЗв.

### Заключение

1. Краткая характеристика облучаемости персонала первых лет становления атомной отрасли: высокие среднегодовые и максимальные дозы, главным образом на ПО «Маяк», превышающие существовавшие в те годы высокие нормативы (30 Р/год, затем 15 Р/год, позже 5 бэр/год); облучаемость персонала на опасных в радиационном отношении производствах была нормализована в середине 60-х гг.

2. В течение первых 15 лет существования атомной отрасли за счет существенного изменения технологий, совершенствования радиационной защиты персонала, включая применение новых СИЗ, внедрения адекватных методов и средств радиационного контроля, были значительно улучшены условия труда работников радиационно опасных объектов отрасли.

3. Текущее функционирование предприятий атомной отрасли в полной мере соответствует

национальному законодательству, нормам и правилам радиационной безопасности (РБ). Случаи превышения установленных нормативов РБ для персонала редки и, как правило, не представляют опасности для здоровья.

С 2008 г. не было зарегистрировано лиц с дозами выше 50 мЗв/год, а также лиц с суммарной эффективной дозой более 100 мЗв за пять последовательных лет. В период 2000–2008 гг. было существенно сокращено число лиц с дозами в диапазоне 20–50 мЗв по отрасли, после 2009 г. их число стабильно не превышает 30 человек, и это в основном сотрудники, для которых были оформлены соответствующие разрешения.

4. Мониторинг индивидуальных рисков с использованием системы АРМИР свидетельствует о существенном росте за последние годы уровня радиационной безопасности персонала, стоящего на индивидуальном дозиметрическом контроле в организациях Госкорпорации «Росатом». За последние 5 лет доля лиц, относящихся к группе повышенного радиационного риска, сократилась почти в 2 раза. Эту группу составляют преимущественно ветераны атомной отрасли, средний стаж работы которых с источниками ионизирующего излучения в группе повышенного риска превысил 34 года. Однако эти люди продолжают активную производственную деятельность.

### Послесловие

В данной статье обобщены данные по облучаемости персонала основных ядерно и радиационно опасных объектов (ЯРОО) предприятий отрасли (более 30), начиная с 1948 г. Представленные данные обобщают информацию о повседневной облучаемости персонала (при штатной работе) и не включают аварийные ситуации, такие, как авария на «Маяке» 1957 г., авария на ЧАЭС 1986 г. и другие. Этим темам посвящено большое число специальных публикаций.

Представленные данные не охватывают все 100% персонала, работавшего в отрасли в разные периоды времени с 1946 г. по настоящее время. Ряд ЯРОО, расположенных на территории России, вышли из состава атомной отрасли (ИАЭ им. И.В. Курчатова, ИТЭФ им. А.И. Алиханова, ИФВЭ им. А.А. Логунова, Кирово-Чепецкий химический комбинат им. Б.П. Константинова и др.), а многие (Ульбинский металлургический завод, урановые горнорудные предприятия республик Средней Азии и Украины, АЭС на Украине,

в Литве и Армении) оказались за пределами Российской Федерации.

Выражаю персональную благодарность Л.Ф. Беловодскому, О.А. Кочеткову, Б.В. Поленову, К.Г. Бочарову, В.Ю. Усольцеву за помощь и советы при подготовке данного материала, а также руководителям и специалистам служб РБ основных ЯРОО предприятий отрасли, предоставившим исторические данные по облучаемости персонала.

### Литература

1. Панфилов А.П. Эволюция системы обеспечения радиационной безопасности атомной отрасли страны и ее современное состояние // АНРИ. 2016. № 1(84). С. 2-14.
2. История атомной отрасли. URL: <https://www.rosatom.ru/> (дата обращения: 29.06.20).
3. Кузнецов В.М. Становление атомного комплекса Российской Федерации (историко-технический анализ конструкционных, технологических и материаловедческих решений). М.: Изд-во МНЭПУ, 2006. 344 с.
4. Проблемы ядерного наследия и пути их решения. Под общей редакцией Евстратова Е.В., Агапова А.М., Лаверова Н.П., Большова Л.А., Линге И.И. М.: ОАО «ЭНЕРГОПРОМАНАЛИТИКА», 2010. 376 с.
5. Гуськова А.К. Атомная отрасль глазами врача. М.: Реальное Время, 2004. 240 с.
6. Никипелов Б.В., Лызлов А.Ф., Кошурникова Н.А. Опыт первого предприятия атомной промышленности (уровни облучения и здоровье персонала) // Природа. 1990. № 2. С. 30-38.
7. Лызлов А.Ф., Василенко Е.К., Князев В.А. Индивидуальный дозиметрический контроль на первом предприятии атомной промышленности России – Производственном объединении «Маяк» – с начала его деятельности и по настоящее время // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 1995. Т. 40, № 5. С. 85-87.
8. Василенко Е.К., Миллер С., Якоб П. Индивидуальная дозиметрия внешнего излучения профессиональных работников ПО «Маяк» // Вопросы радиационной безопасности. 2000. № 2. С. 52-58.
9. Корчагин Е.Ф. Создание ядерного щита Отечества. URL: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=2352> (дата обращения: 29.06.20).
10. Министерство Российской Федерации по атомной энергии, Федеральное агентство по атомной энергии, Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом». Отчеты по безопасности. М.: Изд-во «Комтехпринт», Изд-во ООО «Алиса-Медиа», 2002-2015 гг.
11. Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом». Публичные годовые отчеты Госкорпорации «Росатом», 2011-2019 гг.
12. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). СанПин 2.6.1.252309. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 100 с.
13. Международное агентство по атомной энергии. Нормы МАГАТЭ по безопасности. Основопологающие принципы. Основы безопасности № SF-1. МАГАТЭ, Вена, 2007.
14. Международное агентство по атомной энергии. Международные основные нормы безопасности. Радиационная защита и безопасность источников излучения. Общие требования безопасности. Часть 3 Серии изданий МАГАТЭ по безопасности, № GSR Part 3. МАГАТЭ, Вена, 2014.

15. Иванов В.К., Цыб А.Ф., Панфилов А.П., Агапов А.М. Оптимизация радиационной защиты: «Дозовая матрица». М.: ОАО «Издательство «Медицина», 2006. 304 с.
16. Иванов В.К., Корело А.М., Панфилов А.П., Райков С.В. АРМИР: система оптимизации радиологической защиты персонала. М.: Издательство Перо, 2014. 302 с.

## Historical Aspects of the Creation and Development of the Main Facilities of the Country's Nuclear Industry. Radiation Exposure to Personnel in Different Time Periods

Panfilov Alexander (Service Inspectorate General State Atomic Energy Corporation «Rosatom», Moscow, Russia)

**Abstract.** In connection with the 75th anniversary of the nuclear industry, quite large-scale events were planned, including the XI-th Russian scientific conference «Radiation protection and radiation safety in nuclear technologies». At this conference, as well as at a number of other events, it was planned to make a report on the radiation impact on personnel at different times of the creation and development of the main facilities of the country's nuclear industry.

A report was prepared, in which first an attempt was made to analyze the radiation impact on the personnel of the main nuclear and radiation-hazardous facilities of the nuclear industry in the historical context, given the past over the years, significant organizational and structural changes and to assess progress in the field of radiation protection of personnel during its 75 years of existence of industry of Russia (USSR).

Recent events have made certain adjustments to the plans for the anniversary events, however, the publication of historical data on personnel exposure to these materials seems relevant.

This article is a logical continuation of the publication «Evolution of the radiation safety system of the country's nuclear industry and its current state» [1], which provided information about the formation and transformations that have occurred in the domestic nuclear industry over 70 years, the evolution of the radiation safety system, the current state of radiation safety in the industry, as well as current issues of regulatory and methodological support for radiation control at industry enterprises.

In this publication, on the eve of the 75th anniversary of the industry, an attempt is made to assess the radiation impact on the personnel of the main nuclear and radiation hazardous facilities of the nuclear industry in different periods of their activity.

**Key words:** 75th anniversary of the nuclear industry, radiation impact on the personnel of the main nuclear and radiation hazardous facilities, dynamics of average annual doses of personnel of the main production facilities of the industry, application of the principle of optimization of radiation protection in the industry based on the system of professional radiation risk assessment ARMIR.

А.П.Панфилов (к.т.н.) – Служба генерального инспектора Госкорпорации «Росатом», г. Москва.

Контакты: тел. +7 (499) 949-26-26; e-mail: APPanfilov@rosatom.ru.