

## История становления лаборатории дозиметрии природных источников в Институте радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева: 1970–1986 гг.

Э.П. Лисаченко, И.П. Стамат, Н.А. Королева

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

*На первом этапе становления лаборатории дозиметрии природных источников Ленинградского научно-исследовательского института радиационной гигиены основные усилия специалистов были направлены на разработку аппаратно-методического обеспечения. Последующий период ее деятельности больше связан с теоретическими и экспериментальными исследованиями, которые в конечном итоге привели к формированию нового в радиационной гигиене направления работ по нормативному обеспечению ограничения облучения населения природными источниками ионизирующего излучения. В статье приводится описание основных результатов деятельности лаборатории по изучению природной радиоактивности строительного сырья и материалов, итогом которых стало обоснование нормативов по содержанию природных радионуклидов в них. Одновременно велась исследования процессов перехода природных радионуклидов в системе «удобрения→почва→растения» и далее по пищевой цепочке в организм людей. В этих исследованиях впервые были получены количественные данные о коэффициентах перехода природных радионуклидов из удобрений в сельскохозяйственные растения, сведения о содержании природных радионуклидов в фосфорных удобрениях основных производителей, а также справочные данные о природной радиоактивности пахотных почв. Итогом этих исследований стало обоснование норматива по содержанию природных радионуклидов в фосфорных удобрениях. Важнейшие результаты были получены также в широкомасштабных исследованиях природной радиоактивности окружающей среды, а также технологических процессов по добыче, обогащению и использованию минерального сырья. В ходе этих исследований впервые были получены инструментальные данные об уровнях облучения и структуре доз работников предприятий неурановых отраслей промышленности, характеристиках баланса природных радионуклидов в различных технологиях.*

*Последние два года рассматриваемого периода лаборатория практически не занималась своей основной деятельностью — усилия всех специалистов лаборатории, как и Института в целом, были направлены на анализ последствий аварии на Чернобыльской АЭС, изучение техногенного загрязнения окружающей среды, разработку защитных мероприятий.*

**Ключевые слова:** природные и техногенные радионуклиды, строительное сырье и материалы, фосфатное сырье, фосфорные удобрения, неурановая промышленность, производственная среда, производственные отходы, радон и его короткоживущие дочерние продукты распада, пылеадиационный фактор.

### Введение

Начальный период становления лаборатории дозиметрии природных источников излучения ЛНИИРГ авторы рассмотрели в статье [1]. После того как большая часть специалистов, часть аппаратуры и частично тематика лаборатории перешли в филиал № 6 ИБФ МЗ СССР, в 1970 г. физическая лаборатория была переименована в лабораторию прижизненных измерений, которой руководил Э.М. Крисюк.

Как и на начальном этапе становления лаборатории, многие исследования проводились совместно с радиохимической лабораторией. По-прежнему аппаратно-

методические возможности лаборатории применялись при выполнении тематики ряда других лабораторий Института.

Так, на Большом жидкостном сцинтилляционном счетчике человека (БЖСС Ч) и спектрометре гамма-излучения человека (СИЧ) выполнялись измерения по оценке всасывания  $^{232}\text{Th}$  в организм человека в условиях производства (Л.П. Поляченко, Э.М. Крисюк, Э.Л. Шапиро, Г.Д. Сарафанов, 1971 г.) и исследования эффективности средств защиты кожи от радиоактивных загрязнений (Е.В. Иванов, Э.М. Крисюк, О.В. Лебедев, Т.А. Максимова, 1973 г.) [18, 19]. На гамма-спектрометрах измерялись

### ✉ Стамат Иван Павлович

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева. Адрес для переписки: 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, д.8. Тел.: (812)232-4329; e-mail: istamat@mail.ru

образцы для оценки радиационной обстановки в районе строительства Ровенской АЭС (1973 г. совместно с лабораторией поточного анализа); для радиационно-гигиенической оценки условий труда персонала Билибинской АЭС анализировались элементы оборудования, содержащие  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{59}\text{Fe}$ ,  $^{51}\text{Cr}$  (для лаборатории промышленной радиационной гигиены, 1978 г.). Совместно с радиохимиками оценивалось содержание  $^7\text{Be}$  во внешней среде, организме человека и животных (1971 г.), продолжалось определение содержания природных радионуклидов в объектах окружающей среды Крайнего Севера для лаборатории радиационной экологии и др. Для анализа удельной активности альфа-излучающих радионуклидов в пробах были разработаны высокочувствительные детекторы (Э.Б. Ершов, Ю.А. Иванов, В.А. Яковлев), показанные на рис. 1.

Однако основным направлением исследований в лаборатории постепенно становилось изучение естественной радиоактивности объектов окружающей среды, ее изменений, обусловленных хозяйственной деятельностью людей, закономерностей формирования доз облучения населения, обоснование мероприятий по их снижению. В рассматриваемые пятнадцать лет лаборатория занималась исследованиями в следующих основных направлениях:

- обоснование нормативов по содержанию природных радионуклидов в строительном сырье и материалах;
- обоснование норматива по содержанию природных радионуклидов в фосфорных удобрениях и мелиорантах;
- исследование поведения природных радионуклидов в технологиях передела минерального сырья на предприятиях неурановой отрасли;
- исследования природной радиоактивности окружающей среды.

В такой последовательности и рассмотрим ниже основные итоги деятельности лаборатории в каждом из этих направлений. При этом следует отметить, что результаты большинства исследований в основном являются заслугой самой лаборатории, однако она во все времена

была неотъемлемой частью Института. Поэтому, говоря «лаборатория», мы имеем в виду «лабораторию как часть Института».

### Нормирование природной радиоактивности строительных материалов

Исследования природной радиоактивности строительных материалов фактически начались еще в конце 1960-х гг. по инициативе и под руководством Э.М. Крисюка. Первыми были работы по радиационной оценке возможности использования в качестве строительных материалов фосфорных шлаков, образующихся при электротермической обработке руд месторождения Кара-Тай в Казахстане и хвостовых песков Тырнаузского комбината в Кабардино-Балкарии. В обоих случаях содержание природных радионуклидов в исследованных материалах оказалось повышенным.

Были обоснованы принципы нормирования природной радиоактивности строительных материалов и подготовлено «Обоснование нормативов радиоактивности строительных материалов», представленное на рассмотрение Национальной комиссии по радиологической защите (НКРЗ). А уже в 1971 г. работа «Изучение радиоактивности строительных материалов», подготовленная Э.М. Крисюком, С.И. Тарасовым, В.П. Шамовым и др., по решению НКРЗ была направлена в Международную комиссию по радиологической защите (МКРЗ).

К 1972 г. в лаборатории был создан новый высокочувствительный гамма-спектрометр СГС-200 (рис. 2). Спектрометр был разработан специально для исследования природной радиоактивности строительных материалов и других объектов окружающей среды. Для того времени СГС-200 обладал уникальной чувствительностью регистрации гамма-излучения природных радионуклидов и позволял определять их удельные активности в несколько раз ниже средних значений в земной коре. Идея создания спектрометра с большим кристаллом  $\text{NaI(Tl)}$  колодезного типа в усиленной защите принадлежала Э.М. Крисюку, а в его создании принимали

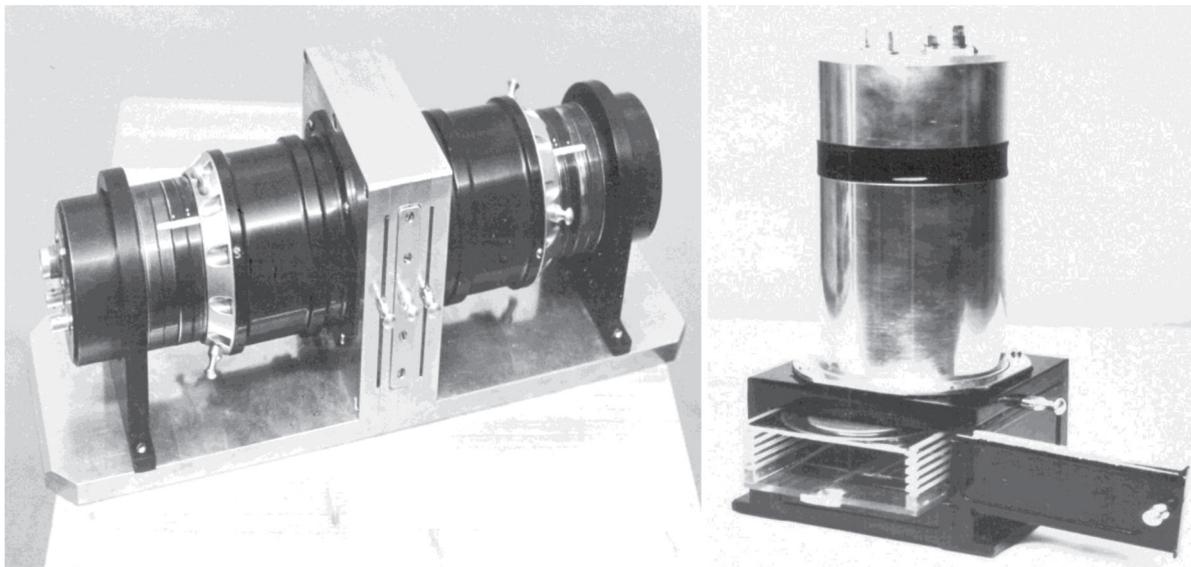


Рис. 1. Детекторы альфа-излучения (слева – для двухсторонней радиометрии)



Рис. 2. Гамма-спектрометр СГС-200 и один из его создателей В.И. Пархоменко

участие В.И. Пархоменко, Д.А. Щедрин, Б.И. Смирнов. Колодезная геометрия кристалла детектора снижала зависимость от плотности образцов, а большой объем пробы ( $200 \text{ см}^3$ ) обеспечивал представительность получаемых результатов [2].

Гамма-спектрометр СГС-200 работает в лаборатории и в настоящее время; за прошедшие годы на нем были проанализированы многие тысячи образцов объектов окружающей среды, минерального сырья, строительных материалов, удобрений, производственных отходов и др. Несколько таких гамма-спектрометров были изготовлены для ряда специальных лабораторий страны.

Высокая чувствительность и большая пропускная способность спектрометра позволили начать систематическое массовое исследование готовых строительных материалов и природного сырья для их изготовления. Образцы сырья лаборатория получала от геологических партий и санэпидстанций (СЭС). Был выполнен анализ содержания природных радионуклидов в минеральных материалах практически со всех основных месторождений природного сырья страны – 3640 месторождений, эксплуатируемых в то время в СССР. Всего было проанализировано более 5000 образцов. Определялось содержание природных радионуклидов также и в отходах, предназначенных для использования в качестве строительного сырья. Развитие массового строительства и внедрение безотходных технологий приводили к расширению использования промышленных отходов в качестве сырья в производстве строительных материалов; среди них отходы ТЭС, предприятий химической и горнодобывающей промышленности, черной и цветной металлургии и др.

В 1975 г. по указанию Главного Санэпидуправления МЗ РСФСР было проведено выборочное обследование содержания природных радионуклидов в строительных материалах, используемых в разных регионах РСФСР.

В результате исследований был выявлен целый ряд материалов с повышенным содержанием природных радионуклидов. Проведенные работы по оценке природной радиоактивности строительных материалов были отнесены к категории важнейших научных достижений по проблеме «Радиационная гигиена» за 1974–1975 гг. А итоговый документ «Исследование и нормирование радиоактивности строительных материалов» в 1974 г. был одобрен НКРЗ и направлен в Научный комитет ООН по действию атомной радиации [3]. По сведениям представителей СССР в МКРЗ, уже в это время предложенные нормативы начали использоваться в Великобритании и Евратоме.

В 1975 г. лаборатория прижизненных измерений была переименована в лабораторию дозиметрии внешней среды (ДВС) в составе отдела радиационной дозиметрии, а ее название приблизилось к сегодняшнему (рис. 3).



Рис. 3. Коллектив лаборатории дозиметрии внешней среды (1975 г.)

Наряду с определением природной радиоактивности строительного сырья и материалов, в лаборатории выполнялись теоретические исследования по прогнозированию уровней внешнего облучения населения в зданиях. При разработке моделей дозовых оценок внешнего облучения населения в зданиях под руководством Э.М. Крисяка основными исполнителями были Н.И. Шалак, В.И. Карпов и А. Филов. Была отработана методика измерения гаммафона в зданиях и на открытой местности на территории населенных пунктов и выполнена оценка доз внешнего облучения жителей 29 регионов РСФСР.

Исходя из полученных результатов, в качестве критерия оценки радиоактивности строительных материалов и сырья для их изготовления Э.М. Крисяком впервые была предложена величина «эффективная удельная активность природных радионуклидов»  $A_{эфф}$  как интегральная характеристика внешнего гамма-излучения природных радионуклидов в материалах:

$$A_{эфф} = A_{Ra} + 1,3 \cdot A_{Th} + 0,09 \cdot A_K,$$

где  $A_{Ra}$  и  $A_{Th}$  – удельные активности  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{232}\text{Th}$ , находящихся в радиоактивном равновесии с остальными членами рядов  $^{238}\text{U}$  и  $^{232}\text{Th}$ ,  $A_K$  – удельная активность  $^{40}\text{K}$  в материалах.

Величина  $A_{эфф}$ , первоначально введенная только для оценки радиоактивности строительных материалов, впоследствии получила признание как удобный инструмент для корректной оценки потенциальной радиационной опасности различных сред и материалов, содержащих природные радионуклиды.

Объем полученных данных позволил построить частотные распределения для отдельных видов строительных материалов, определить средневзвешенное содержание природных радионуклидов в стройматериалах, которое характеризует средние уровни внешнего облучения населения. Впервые были получены и обобщены результаты обширных исследований по оценке доз внешнего облучения жителей различных городов и населенных пунктов страны.

По результатам этих работ впервые в мировой практике были разработаны и обоснованы нормативы на допустимое содержание природных радионуклидов в строительных материалах для жилых и общественных зданий. В 1973 и 1975 гг. результаты проведенных исследований были представлены в докладах в IRPA (International Radiation Protection Association), в 1974 г. вошли в отдельный сборник Атомиздата, а также в доклады НК ДАР ООН 1977 и 1982 гг. В 1976 г. нормативы по допустимому содержанию природных радионуклидов в строительном сырье и материалах были включены в НРБ-76 (п. 7.13), а впоследствии – в ОСП-72/87. В 1979 г. по рекомендации НКРЗ документ «Нормирование строительных материалов» был направлен в МАГАТЭ [20].

Работы по оценке уровней облучения населения за счет природных радионуклидов в строительных материалах получили признание не только в нашей стране. С конца 1970-х гг. лаборатория активно сотрудничала с учеными ГДР, Чехословакии, Польши, Болгарии и др. по проблемам, связанным с природной радиоактивностью, и неоднократно принимала у себя стажеров из разных стран (Чехословакия, Венгрия, Монголия и др.). Начиная с 1973 г., работы по исследованию природной радиоак-

тивности строительных материалов проводились в рамках научно-технического сотрудничества со специалистами ГДР, а с 1979 г. – Народной Республики Болгария.

Результаты проведенных исследований легли в основу разработки дополнительных нормативов по содержанию природных радионуклидов в строительном сырье и материалах для строительства объектов разного назначения. Классификация строительных материалов по величине эффективной удельной активности природных радионуклидов и возможным видам их использования была заложена в методических рекомендациях «Радиационно-гигиеническая оценка строительных материалов», утвержденных МЗ РСФСР в 1976 г. [20].

На основе предложенной классификации были обоснованы рекомендации по использованию в разных видах строительства производственных отходов ТЭС, предприятий химической и горнодобывающей промышленности, черной и цветной металлургии, в которых зачастую содержание природных радионуклидов превышало норматив для жилых и общественных зданий [4, 5].

Введение нормативов по эффективной удельной активности природных радионуклидов в строительном сырье и материалах фактически можно считать началом систематических исследований по ограничению облучения населения за счет природных источников излучения. По материалам выполненных исследований были защищены кандидатские диссертации Н.И. Шалак (1974 г.), В.И. Карпова (1981 г.), В.И. Пархоменко (1984 г.) и докторская диссертация Э.М. Крисяка (1982 г.).

### Нормирование природной радиоактивности фосфорных удобрений

В 1972 г. по инициативе Радиевого института имени В.Г. Хлопина ЛНИИРГ был приглашен к совместной работе по выполнению специального задания – обоснованию норматива по содержанию природных радионуклидов в фосфорных удобрениях. Необходимость проведения такой работы диктовалась, прежде всего, тем, что для фосфатных руд – сырья для получения фосфорных и комплексных удобрений – характерна корреляция удельной активности урана и содержания основного питательного вещества  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Возникла вероятность получения удобрений с высоким содержанием природных радионуклидов при начавшемся использовании для их производства отходов урановой промышленности. Производство, транспортирование и внесение в почву таких удобрений могло привести к дополнительному облучению работников соответствующих профессий и населения.

При радиационно-гигиенической оценке удобрений в качестве основных путей облучения населения и работников при производстве и использовании удобрений с повышенным содержанием природных радионуклидов рассматривались следующие:

- поступление природных радионуклидов в организм с пищевыми продуктами, полученными на удобренных пахотных почвах (сведения о коэффициентах перехода радионуклидов по цепочке «удобрения → почва → растения» пока отсутствовали);

- внешнее облучение при контакте с удобрениями при их производстве, хранении, транспортировании и внесении в почву;

– внутреннее облучение за счет ингаляционного поступления природных радионуклидов с производственной пылью, а также поступления изотопов радона и их короткоживущих дочерних продуктов распада в воздухе производственных помещений.

Для обоснования нормативов требовалось, прежде всего, оценить вклад каждого из этих факторов в суммарные дозы облучения населения. Работы по разработке норматива по содержанию природных радионуклидов в фосфорных удобрениях начали проводиться под руководством В.П. Шамова лабораториями дозиметрии внешней среды и радиохимической лаборатории (В.Ф. Дричко, Э.М. Крисюк, Э.П. Лисаченко, О.А. Михайлова, Т.М. Поникурова, Д.К. Попов, И.Г. Травникова, Т.А. Рябова, В.Н. Шуттов, И.Г. Матвеева) при активном участии специалистов Радиевого института им. В.Г. Хлопина (С.М. Гращенко, Б.С. Кузнецов, В.Н. Струков, Л.В. Шишкунова), а также сотрудников спецпредприятий (Г.Ф. Шумков, Г.И. Конев, В.В. Шаталов).

Для определения коэффициентов перехода природных радионуклидов из вносимых удобрений в растения по инициативе и под руководством В.Ф. Дричко (радиохимическая лаборатория) были организованы модельные опыты (лабораторные, вегетационные и полевые) на базах Ленинградского сельскохозяйственного института (ЛСХИ) в Пушкине (рис. 4), Биологического института Ленинградского государственного университета в Старом Петергофе и на полях Долгопрудной опытной станции им. Д.Н. Прянишникова НИИ по удобрениям и инсектофунгицидам (НИУИФ). В проведении этих опытов, сборе и анализе полученных материалов сотрудники лаборатории дозиметрии внешней среды и радиохимической лаборатории принимали самое непосредственное участие вместе с почвоведом и растениеводами. В почву вносились приготовленные в Радиевом институте



Рис. 4. В.Ф. Дричко и Э.П. Лисаченко на вегетационных опытах в ЛСХИ

удобрения с повышенным содержанием природных радионуклидов для их достоверного определения в почвах и растениях.

Таким образом впервые были получены значения коэффициентов перехода радия и тория из дерново-подзолистых почв в основные сельскохозяйственные культуры ( $\text{п} \cdot 10^{-3}$ ), что позволило установить основные закономерности формирования доз внутреннего облучения населения при использовании фосфорных удобрений за счет поступления радионуклидов в организм с рационом питания [6].

Для оценки значимости поступления в почву природных радионуклидов с удобрениями в структуре популяционной дозы облучения населения были начаты работы по определению фонового содержания природных радионуклидов в пахотных почвах основных сельскохозяйственных районов СССР и в традиционных удобрениях. Имевшиеся на тот момент сведения о содержании природных радионуклидов в пахотных почвах были скупы и отрывочны, данные об их содержании в отечественном фосфатном сырье и удобрениях практически отсутствовали, а данные зарубежных стран говорили о чрезвычайно большой вариативности содержания радионуклидов [21].

В начале образцы почв, фосфатных руд и удобрений лаборатория получала от НИИУИФ, ГИГХС (Государственный институт горнохимического сырья), ЛЕННИИГИПРОХИМ (Ленинградский государственный научно-исследовательский и проектный институт основной химической промышленности). С 1975 г. получению необходимой информации способствовало выполнение указанной выше «Программы санитарно-гигиенических обследований радиоактивности внешней среды за счет источников естественного происхождения с оценкой доз внешнего и внутреннего облучения населения РСФСР», о которой будет сказано ниже. В соответствии с Программой радиологическим группам СЭС, в частности, поручался сбор образцов почв и использовавшихся в регионе удобрений. Лаборатория дозиметрии внешней среды и радиохимическая лаборатория должны были исследовать предоставляемые материалы и обобщать полученные результаты. Основной массив анализов приходился на гамма-спектрометр СГС-200.

Объем полученных данных позволил провести статистический анализ содержания природных радионуклидов в пахотных почвах страны и получить формы частотных распределений, которые оказались логнормальными для  $^{228}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{40}\text{K}$  во всех почвенно-климатических зонах европейской части СССР. Был также установлен интересный «широтный эффект» – увеличение содержания природных радионуклидов в пахотных почвах страны с севера на юг [7]. В 1980 г. по результатам проведенных исследований были изданы справочно-информационные материалы: «Естественная радиоактивность отечественных фосфорных удобрений», содержащие сведения по всему ассортименту отечественных фосфорсодержащих удобрений, а также оценку поступления природных радионуклидов с удобрениями в пахотные почвы отдельных регионов. Расчетным путем была сделана оценка водного выноса радионуклидов из пахотных почв [8].

Большая часть полученных материалов не устарела и по сей день. В частности, эти сведения были использованы при обосновании нового норматива по содержа-

нию природных радионуклидов в минеральных удобрениях и агрохимикатах, который вошел в НРБ-99/2009. Информация о содержании природных радионуклидов в пахотных почвах и фосфорных удобрениях и мелиорантах была впоследствии включена в доклад научного комитета по действию атомной радиации ООН за 1982 г.

Обоснование норматива по содержанию природных радионуклидов в фосфорных удобрениях базировалось на основном принципе нормирования – непревышение индивидуальных дозовых пределов с одновременным учетом коллективных доз облучения населения. Дозы внешнего облучения населения оценивались расчетным путем. При оценке доз внутреннего облучения населения рассматривались все пути поступления природных радионуклидов в организм: по цепочке «удобрения→почва→растения→человек», ингаляционное поступление аэрозолей долгоживущих природных радионуклидов, а также радона и его короткоживущих дочерних продуктов распада (для условий закрытых помещений складов с удобрениями). Для корректной оценки доз облучения населения экспериментально были определены коэффициенты эманирования удобрений разного типа, а также коэффициенты перехода природных радионуклидов в цепочке удобрения→почва→растения.

В качестве критерия допустимого содержания природных радионуклидов в удобрениях использовались пределы годового поступления (ПГП) радионуклидов рядов урана и тория для населения. Предложенный подход к нормированию содержания природных радионуклидов в фосфорных удобрениях был одобрен НКРЗ.

По результатам экспериментальных исследований и расчетов было установлено, что наиболее значимый вклад в суммарные дозы облучения работников приходится на их внутреннее облучение за счет ингаляционного поступления природных радионуклидов с пылью при упаковке удобрений и внесении их в почву. Внешнее облучение работников за счет увеличения концентрации природных радионуклидов в пахотных почвах и внутреннее облучение населения за счет потребления пищевой продукции, выращенной на удобренных почвах, оказались незначительными. Учитывая это, в качестве норматива была принята удельная активность природных радионуклидов в фосфорных удобрениях на уровне не выше 50 пКи/г (1,8 кБк/кг) для каждого радионуклида равновесных рядов урана и тория. Одновременно было показано, что длительное применение таких удобрений может привести к увеличению популяционной дозы не более чем на 1% [9].

В дальнейшем дозовые коэффициенты для большинства радионуклидов неоднократно пересматривались МКРЗ, соответственно, менялись и численные значения норматива. В НРБ-96 удельная активность природных радионуклидов в фосфорных удобрениях и мелиорантах не должна была превышать  $A_U + 1,25 \cdot A_{Th} \leq 2,8$  кБк/кг, где  $A_U$  и  $A_{Th}$  – удельные активности  $^{238}U$  ( $^{226}Ra$ ) и  $^{232}Th$  ( $^{228}Th$ ), находящиеся в радиоактивном равновесии с остальными членами уранового и ториевого рядов соответственно. В НРБ-99 норматив вошел в несколько измененном виде:  $A_U + 1,5 \cdot A_{Th} \leq 4,0$  кБк/кг.

Следует отметить, что разработка и внедрение нормативов на содержание природных радионуклидов в фосфорных удобрениях сыграли заметную роль в ограни-

чении вовлечения в производство удобрений импортного фосфатного сырья, для которого характерны значительно более высокие уровни удельной активности природных радионуклидов, чем для сырья традиционных отечественных месторождений. Кроме того, по мере истощения запасов фосфатных руд для производства удобрений будут вовлекаться комплексные руды, содержащие, кроме фосфатов, редкие и редкоземельные элементы. Эти руды обычно характеризуются повышенным содержанием природных радионуклидов при значительной неоднородности их распределения по рудному телу (апатиты Селигдара, комплексные руды месторождения Белая Зима, месторождение комплексных руд Унеча в Брянской области и др.). Поэтому производство удобрений из руд этих перспективных месторождений, а также внедрение комплексной переработки минерального сырья с утилизацией всех его ценных компонентов, в том числе и для производства удобрений, потребует пристального внимания за соблюдением нормативов по содержанию в них природных радионуклидов.

#### **Исследование поведения природных радионуклидов в технологиях передела минерального сырья на предприятиях неурановой отрасли**

Практически одновременно с исследованиями по обоснованию нормативов по содержанию природных радионуклидов в строительных материалах и фосфорных удобрениях в лаборатории формировалось новое направление исследований, связанное с поведением природных радионуклидов в технологических процессах переработки и использования минерального сырья на предприятиях неурановых отраслей промышленности.

К началу 1970-х гг. о присутствии природных радионуклидов в любом минеральном сырье, а не только в фосфатах и строительных материалах, было хорошо известно. Однако имеющиеся сведения были отрывочны, а в докладах НКДАР ООН тех лет основное внимание обращалось на изучение выбросов природных радионуклидов в атмосферу с золой при сжигании углей, а также на фосфатную промышленность в связи с прямой корреляцией содержания урана и  $P_2O_5$  в фосфатных рудах. Естественно, что первыми предприятиями по переработке неуранового минерального сырья, на которых лаборатория проводила радиационно-гигиенические исследования, стали заводы по производству фосфорных удобрений: Кингисеппский «Фосфорит», обогащительный комбинат по производству фосмуки в Маарду в Эстонии, Верхнекамский фосрудник, Волховский завод по производству удобрений и др. (1973–1975 гг.) [10].

С 1976 г. исследованиям в этом направлении способствовало утверждение по «Программы санитарно-гигиенических обследований радиоактивности внешней среды за счет источников естественного происхождения с оценкой доз внешнего и внутреннего облучения населения РСФСР» и начало работ по ней. В рамках Программы предусматривались исследования по выявлению промышленных предприятий по добыче, переработке и использованию минерального сырья, на которых в первую очередь требовалось провести радиационное обследование. Предварительный выбор таких предприятий проводился по результатам анализа содержания природных

радионуклидов в технологическом процессе, включая сырье, готовую продукцию и производственные отходы.

После утверждения Программы от региональных структур санэпидслужбы стали поступать промышленные образцы для анализа. Кроме того, лаборатория старалась получить образцы минеральных материалов и интересную информацию от отраслевых институтов Ленинграда: Института механической обработки полезных ископаемых (МЕХАНОБР), Всесоюзного алюминиево-магниевого института (ВАМИ), Ленинградского государственного научно-исследовательского и проектного института основной химической промышленности (ЛЕННИИГИПРОХИМ) и др., с которыми в тот период были неформальные дружеские отношения. Образцы анализировались на гамма-спектрометре СГС-200.

Отметим, что проблемами природной радиоактивности в неядерных отраслях промышленности занимался в Радиовом институте им. В.Г. Хлопина С.М. Гращенко, с которым лаборатория тесно сотрудничала многие годы. Исследование поведения отдельных радионуклидов в промышленных технологиях проводилось совместно с радиохимиками (О.А. Михайлова, Т.М. Поникарова, Н.С. Швыдко). Неформальными соавторами работ лаборатории становились многие радиологические группы, присылавшие богатый материал в виде образцов и дополнительной информации. Среди них выделялись радиологические группы СЭС Кемеровской, Читинской, Иркутской областей, Красноярского края и др. [11].

В период с 1973 до 1986 г. обследовались промышленные предприятия неядерных отраслей в разных регионах страны. Это были горнодобывающие и горно-обогатительные предприятия, производство огнеупоров, металлургические и др. В необходимых случаях разрабатывались и доводились до сведения самих предприятий и региональных СЭС практические рекомендации по улучшению радиационной обстановки. Так, в 1973 г. специалистами лаборатории была проведена радиационно-гигиеническая оценка промпродуктов Белогорского горно-обогатительного комбината, на котором производились концентраты Та и Nb. С учетом полученных результатов впоследствии (в 1988 г.) проведено комплексное радиационно-гигиеническое обследование самого комбината. В 1979–1981 гг. проводилось радиационно-гигиеническое обследование Новосибирского оловянного комбината (НОК) и радиационно-гигиеническая оценка возможности использования отходов НОК в народном хозяйстве. В 1984 г. полученные данные были использованы для составления замечаний и предложений к проекту стандарта «ССБТ. Производство олова. Вакуумное рафинирование. Требования безопасности».

К 1976 г. в лаборатории было уже накоплено достаточно материала для доклада на Всесоюзной научно-практической конференции по радиационной безопасности «Выявление радиационного фактора на горно-обогатительных и химических предприятиях» [12]. Отметим, что в опубликованных к этому времени отечественных данных речь шла только о радиационном факторе в редкометалльной промышленности [17]. В результате анализа собственных данных и литературных сведений стало возможным составить перечень отраслей и отдельных предприятий, требующих более детального обследования и контроля радиационной обстановки. Полученные

знания о поведении природных радионуклидов в разных технологиях послужили основой для разработки схем первичного радиационного обследования предприятий, оптимизировать исследования по выявлению основных факторов, формирующих облучение работников.

Анализ результатов обследования предприятий неурановых отраслей позволил выявить ряд интересных особенностей поведения природных радионуклидов в технологических процессах, которые определяют как уровни облучения работников, так и интенсивность поступления природных радионуклидов в окружающую среду. В числе этих особенностей следует отметить:

- многократное увеличение удельной активности природных радионуклидов в концентратах по мере обогащения руд, выявленное на ряде горно-обогатительных производств, которое особенно сильно выраженным оказалось для редких и редкоземельных металлов: от 10–15 раз при переработке лопаритовых руд до 20 и более раз при переработке апатитов;

- интенсивное поступление в воздух рабочей зоны  $^{210}\text{Pb}$  и  $^{210}\text{Po}$  при термических процессах производства редкометалльных концентратов, в производстве огнеупоров, при производстве олова и др.;

- зависимость удельной активности природных радионуклидов от дисперсности минеральных материалов при дроблении и разделении на фракции, что обуславливает обогащение производственной пыли природными радионуклидами по сравнению с перерабатываемыми рудами.

Последнее обстоятельство стимулировало исследование по оценке так называемого пылерационного фактора на пылящих производствах, за счет которого в основном и формируются дозы внутреннего облучения работников при ингаляционном поступлении долгоживущих природных радионуклидов с витающей пылью. Для радиационно-гигиенической характеристики этого фактора была введена величина «предельной запыленности» воздуха рабочей зоны  $f_{\text{пред}}$ , при которой формируется годовая эффективная доза облучения работников 5 мЗв/год при заданных значениях удельной активности  $^{232}\text{Th}$  и  $^{226}\text{Ra}$  в пылеобразующем материале. При высоком содержании природных радионуклидов в перерабатываемом сырье значения  $f_{\text{пред}}$  на ряде пылящих производств оказывались значительно ниже ПДК для пыли, что требовало применения мероприятий по пылеподавлению и использованию работниками на этих производствах средств индивидуальной защиты органов дыхания.

Анализ результатов обследования целого ряда предприятий, перерабатывающих или использующих минеральное сырье, показал, что на большинстве из них основными факторами, за счет которых формируется облучение работников, являются интенсивное поступление в воздух рабочей зоны  $^{210}\text{Pb}$  и  $^{210}\text{Po}$  и пылерационный фактор [13]. В ходе этих исследований были также выявлены производства, в процессе осуществления которых образуются отходы с повышенным содержанием природных радионуклидов (красные шламы алюминиевого производства, фосфогипс, хвосты обогащения пегматита и др.). Это обстоятельство предопределило в последующем проведение целого цикла работ по оценке и радиационно-гигиеническому нормированию показателей радиационной безопасности производственных отходов.

Следует также отметить, что, наряду с собственными исследованиями, лаборатория постоянно консультировала практические организации по различным аспектам обеспечения радиационной безопасности на предприятиях по добыче, использованию и переработке минеральных материалов. Запросы шли от заводов, геологических партий, институтов и др. и составляли иногда десятки в год. Среди них были Институт геологии Карельского филиала АН СССР, Всесоюзное промышленное объединение «Союзкварцмет» Мингео СССР (обсуждались возможности радиационной оценки сырья и готовых изделий из цветных и поделочных камней) и многие другие.

В марте 1985 г. по заданию Минздрава РСФСР состоялась первая командировка сотрудников лаборатории на горно-обогатительный комбинат в Акчатау Казахской ССР (рис. 5). На основании анализа образцов руд и продукции, отобранных в шахтах и на обогатительном производстве комбината, были подготовлены радиационно-гигиенические рекомендации по улучшению условий радиационной обстановки на предприятии. В последующие годы эти работы положили начало обширному углубленному радиационно-гигиеническому обследованию не только самого производства, но и всего населенного пункта Акчатау, жилые дома которого располагались на рудном теле и характеризовались высокими уровнями содержания радона в воздухе.



Рис. 5. ГОК «Акчатау». В.И. Пархоменко, Э.П. Лисаченко

### Исследования природной радиоактивности окружающей среды

В эти же годы в лаборатории разворачивались работы по исследованию природной радиоактивности окружающей среды. В 1975 г. по идее и под руководством Э.М. Крисюка была разработана «Программа санитарно-гигиенических обследований радиоактивности внешней среды за счет источников естественного происхождения с оценкой доз внешнего и внутреннего облучения населения РСФСР» на период 1976–1980 гг., которая была утверждена ГСЭУ МЗ РСФСР 14.11.76 г. В формирова-

нии Программы вместе с Э.М. Крисюком участвовали В.Ф. Дричко, В.Г. Катаев, Т.М. Поникарова, Д.К. Попов, И.Г. Травникова.

Программа была создана для систематизации исследований доз облучения населения от природных радионуклидов, связанных с хозяйственной деятельностью. До тех пор контроль радиоактивности внешней среды (как одна из основных задач санэпидстанций в области радиационной гигиены) относился только к техногенным радионуклидам. В результате основной источник облучения населения – облучение источниками естественного происхождения – оставался недостаточно изученным. В то же время отечественными и зарубежными авторами была получена информация о возможном существенном изменении природного радиационного фона под влиянием деятельности людей, который, наряду с медицинским облучением, являлся одним из основных источников облучения населения.

Зависимостью уровней облучения населения за счет природных радионуклидов от характера и интенсивности хозяйственной деятельности была обусловлена принципиальная необходимость контроля и нормирования компонент природного радиационного фона. Поэтому основными задачами Программы, которая должна была выполняться совместно Институтом и радиологическими группами СЭС, были определены:

- получение объективной информации о естественной радиоактивности объектов окружающей среды и уровнях облучения всего населения и его отдельных групп за счет источников природного происхождения;
- разработка методик контроля отдельных путей облучения населения за счет источников ионизирующего излучения естественного происхождения;
- разработка мероприятий по ограничению облучения населения за счет источников естественного происхождения.

В соответствии с Программой радиологическим группам СЭС поручалось исследование гамма-фона территорий, а также сбор образцов строительных материалов, почв, золы растений, удобрений и мелиорантов, углей, торфа, сланцев, сжигаемых на ТЭС, получающихся при этом зол и шлаков, а также сырья, продукции и отходов предприятий, связанных с переработкой минерального сырья. За редким исключением, образцы отправлялись на исследование в ЛНИИРГ. В Институте выполнение Программы возлагалось на лабораторию ДВС и радиохимическую лабораторию во главе с Д.К. Поповым. В получаемых от СЭС материалах определялось содержание природных радионуклидов, анализировались и обобщались полученные результаты. В лаборатории ДВС определялась удельная активность  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ , в радиохимической –  $^{210}\text{Pb}$  и  $^{210}\text{Po}$ .

Кроме того, лаборатории должны были осуществлять методическое руководство работами региональных радиологических групп СЭС по Программе. Для этого были разработаны и направлены в радиологические группы СЭС Дополнения к Программе № 1 (1978 г.) и № 2 (1980 г.), утвержденные МЗ РСФСР, с методическими рекомендациями по исполнению Программы. В феврале 1977 г. в Институте было проведено совещание работников радиологических групп СЭС, на котором сотрудники лаборатории ДВС и радиохимическая лаборатория представили

доклады по методическим проблемам, связанным с исследованием природной радиоактивности. Кроме того, сотрудники лаборатории проводили кустовые семинары с работниками радиологических групп СЭС в Кирове, Иркутске, Усть-Каменогорске, Алма-Ате, Терсколе. В 1979 г. вопросы исследования естественной радиоактивности обсуждались на зональных совещаниях работников радиологических групп СЭС в Ленинграде, Иркутске, Калинин.

Одним из первых практических результатов выполнения Программы было составление в содружестве с радиохимической лабораторией справочно-информационных материалов «Естественная радиоактивность углей, зол и шлаков ТЭС» (1980 г.), в которых была дана оценка возможности их использования в качестве строительного сырья, а также оценка поступления природных радионуклидов в почву в зонах расположения ТЭС. Эти материалы в 1981 г. докладывались в Бомбее, вошли в доклад НК ДАР ООН 1982 г.; большая часть этих данных не устарела до настоящего времени [22].

В 1985 г. были подготовлены методические рекомендации «Контроль естественной радиоактивности объектов внешней среды» (под руководством Э.М. Крисюка совместно с радиохимиками), касающиеся строительных материалов, фосфоросодержащих удобрений и промышленности, связанной с переработкой минерального сырья, а также воздуха жилищ и подземных сооружений.

Параллельно с выполнением Программы, исследованиями радиоактивности строительных материалов и нормированием содержания в них природных радионуклидов в лаборатории изучались закономерности формирования доз, создаваемых короткоживущими дочерними продуктами распада радона в воздухе жилых помещений. Для исследований в этом направлении были разработаны уникальные по тем временам радиометры радона или модифицированы существовавшие образцы аппаратуры для измерений объемной активности радона и аэрозоль короткоживущих дочерних продуктов распада радона (ДПР) и торона (ДПТ) [13]. С середины 1980-х гг. начались первые крупномасштабные исследования уровней содержания изотопов радона в воздухе жилых и общественных зданий, которыми постепенно были охвачены наиболее радоноопасные территории страны [14].

В 1980-е гг. в лаборатории начались обширные работы по обследованию неурановых рудников и оценке доз облучения горняков за счет радона и его короткоживущих дочерних продуктов распада. Работы проводились на рудниках и карьерах Новгородской, Мурманской, Читинской, Челябинской областей, Республики Коми, в Кузбассе, Киргизии, Казахстане и других регионах СССР. Для выполнения этих работ были разработаны новые методы измерений (метод адсорбции на активированном угле) и типы радиометров радона. На основе результатов этих исследований впервые были разработаны и научно обоснованы рекомендации по нормализации радиационной обстановки на предприятиях горнодобывающего комплекса. Для оценки индивидуальных доз облучения работников были разработаны и использовались индивидуальные пассивные диффузионные пробоотборники радона, позволяющие определить индивидуальные экспозиции по ДПР за смену, а также интегральные трековые радиометры радона [15, 16].



Рис. 6. Н.И. Шалак и Н.А. Королева: у истоков радоновых измерений

Начиная с апреля 1986 г., следующие два года лаборатория практически полностью отошла от своей традиционной тематики. 28 мая 1986 г., ничего не объясняя, лаборатории сообщили: ожидается срочная работа и, возможно, с большими активностями. С 29 мая началась авральная работа, в которой участвовали Э.М. Крисюк, Н.А. Королева, Э.П. Лисаченко, И.Г. Матвеева, В.И. Пархоменко, М.В. Терентьев.

По заданию Чрезвычайной комиссии города анализировались поступающие в Ленинград продукты питания, а также фильтры Гидромета, грудное молоко женщин, приехавших из зоны радиоактивного загрязнения, выделения облученных людей, секционный материал, образцы с дезактивации одежды, экспедиционные материалы. Всего через лабораторию прошло более 3000 «чернобыльских» образцов в 1986 г. и более 400 – в 1987 г.

Для определения радионуклидного состава анализируемых образцов сцинтилляционный гамма-спектрометр СГС-200 был в авральном порядке откалиброван по осколочным продуктам деления. Калибровочные образцы готовила лаборатория радиохимии (Попов Д.К., Шутов В.Н., Швыдко Н.С.). Первые месяцы гамма-спектры анализируемых образцов расшифровывались полностью вручную, т.к. программы обработки спектров еще не было, она только начала создаваться усилиями В.Н. Киренкова и В.И. Пархоменко. И все же нам удалось идентифицировать радионуклиды  $^{132}\text{Te}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{137,134}\text{Cs}$ ,  $^{103}\text{Ru}$ ,  $^{141}\text{Ce}$ ,  $^{95}\text{Zr}+^{95}\text{Nb}$ ,  $^{140}\text{Ba}+^{140}\text{La}$ ,  $^7\text{Be}$  и определить их удельную активность в исследуемых образцах с ошибкой не хуже 30–50 %. Впоследствии это подтвердилось сопоставлением наших результатов с данными Радиевого института, которые были получены на полупроводниковом гамма-спектрометре.

В июле 1987 г. на гамма-спектрометре СГС-200 проводились измерения экскретов добровольцев института, которые приняли внутрь раствор  $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$  с целью корректной калибровки приборов, используемых для определения содержания этих изотопов в организме людей, уточнения метаболизма и периода полувыведения.

Неоценимый вклад в создание многих необходимых практических документов этого периода (6 методических указаний, рекомендаций и справок) внес руководитель лаборатории Э.М. Крисюк. В частности, им было выполнено прогнозирование гамма-фона загрязненных территорий по данным о радионуклидном составе загрязнения почв гамма-излучающими радионуклидами, выполнено обоснование ряда защитных мероприятий.

Все сотрудники лаборатории неоднократно выезжали в командировки в загрязненные районы Брянской и Тульской областей (100 человеко-дней в 1986 г. и 168 – в 1987 г.). В 1987 г. на конференции в Обнинске было представлено 5 докладов по полученным результатам в соавторстве с лабораториями радиохимии и радиационной биофизики.

В заключение отметим, что, несмотря на значительное ослабление лаборатории в начале рассматриваемого периода в связи с переходом части специалистов, аппаратуры и частично тематики в филиал № 6 ИБФ МЗ СССР, атмосфера в ней оставалась по-прежнему очень дружной, но творчески накаленной. Именно тогда сложились стихи о ДВС:

Мы, ребята, вам расскажем про волшебную страну.  
В кассе, сказке и народе ДВС ее зовут.  
Правит той страной Крисюк – кандидат физмат наук.  
Двух цариц он взял в кулак: Лисаченко и Шалак.  
Лисаченко и Дричко вроде как бы заодно  
Изучают почвы, злаки, удобрения и шлаки.  
Шалак и весь ее отряд изучают все подряд  
Пылесосы изучают, смотря, как они качают...

Этот период деятельности лаборатории ознаменовался серьезными достижениями. Были выполнены масштабные исследования показателей радиационной безопасности исходного минерального сырья и готовой продукции, научно обоснованы и впервые внедрены в практику радиационной гигиены нормативы по содержанию природных радионуклидов в строительном сырье и материалах, а также фосфорных удобрениях и мелиорантах. Причем в ходе этих исследований впервые были введены две интегральные величины, характеризующие потенциальную радиационную опасность строительного сырья и материалов ( $A_{эф}$ ) и фосфорных удобрений и мелиорантов ( $A_{уд}$ ).

Первая из них практически без изменений по своей сути прочно вошла в международную практику нормирования содержания природных радионуклидов в строительных материалах. Она оказалась очень удобной величиной при классификации минерального сырья и материалов, а также производственных отходов, содержащих природные радионуклиды. Величина  $A_{уд}$  характеризует потенциальную радиационную опасность перорального и ингаляционного путей поступления природных радионуклидов в организм и эффективно применяется при нормировании параметров радиационной обстановки производственной среды, а также жидких производственных отходов.

В этот же период были сведения о природной радиоактивности пахотных почв в стране, результаты которых стали убедительным доказательством того, что применение фосфорных удобрений и мелиорантов на уровне обоснованных гигиенических нормативов практически не

повлияет на облучение населения за счет перехода природных радионуклидов из почвы в выращиваемую сельскохозяйственную продукцию.

Были достигнуты значительные успехи в изучении процессов баланса природных радионуклидов в различных производственных технологиях, реализуемых на предприятиях неурановых отраслей промышленности. Специалистами лаборатории был накоплен значительный опыт исследования процессов формирования радиационной обстановки в технологиях добычи, переработки и использования минерального сырья и материалов, выполнены экспериментальные исследования на целом ряде предприятий во многих регионах страны.

Этот период характеризовался также разработками аппаратного и методического оснащения экспериментальных исследований. Накопленный опыт, знания, материалы экспериментальных исследований и результаты их анализа фактически в дальнейшем явились основой для научного обоснования системы нормирования по ограничению облучения населения при воздействии природных источников излучения. Опыт, интеллектуальный потенциал коллектива лаборатории и аппаратно-методическое оснащение оказались исключительно полезными также при анализе последствий аварии на Чернобыльской АЭС.

## Литература

1. Лисаченко, Э.П. История становления лаборатории дозиметрии природных источников в институте Радиационной гигиены имени профессора П.В.Рамзаева/ Э.П.Лисаченко, И.П.Стамат//Радиационная гигиена.- 2015.-Т.8.,№4.-С.62-73.
2. Крисюк, Э.М. Высокочувствительный сцинтилляционный гамма-спектрометр СГС-200/Э.М.Крисюк, В.И.Пархоменко, Б.И.Смирнов [и др.]// ПТЭ.- 1975.- 5. - С. 33.
3. Крисюк, Э.М. Исследование и нормирование радиоактивности строительных материалов /Э.М. Крисюк, С.И.Тарасов, В.П.Шамов [и др]. – М.: Атомиздат, 1974.
4. Krišiuik E.N. Cost-benefit analysis applied to building materials with comparatively high natural radionuclide's concentration/ E.N Krišiuik, V.I. Karpov //1980 Health Physics v. 39, p. 578-580.
5. Крисюк, Э.М. Радиационно-гигиеническая характеристика отходов промышленности, используемых в строительной индустрии / Э.М.Крисюк, В.И.Пархоменко, Э.П.Лисаченко//Гигиена и санитария. - 1981.-№8.- С 34-36
6. Дричко, В.Ф. Переход некоторых естественных радиоактивных нуклидов из почвы в растения / В.Ф.Дричко, Э.П.Лисаченко, О.А.Михайлова [и др.] -М.: Атомиздат, 1976.- 19 с.
7. Дричко, В.Ф. Изотопы уранового и ториевого рядов в фосфорных удобрениях, пахотных почвах и сельскохозяйственных растениях / В.Ф.Дричко, Э.П.Лисаченко, Т.М.Поникарова [и др.] - М.: Атомиздат, 1980, 11 с.
8. Дричко, В.Ф. Оценка водного выноса естественных радионуклидов из пахотных почв / В.Ф.Дричко, Э.П.Лисаченко // Экология.- 1977.- №4. - С. 28-34.
9. Гращенко, С.М. К нормированию концентраций естественных радионуклидов в фосфорных удобрениях / С.М.Гращенко, В.Ф.Дричко, Э.М.Крисюк [и др.]// Гигиена и санитария. -1981.-№1.- С. 84-86.
10. Лисаченко, Э.П. Оценка поступления естественных радионуклидов в окружающую среду и сферу производства при переработке отечественных фосфатов / Э.П.Лисаченко // Радиационная гигиена: сб. науч. тр. - Л. - 1986. - вып.15. - С. 115-120.

11. Евгениева, Т.И. Результаты предварительной оценки естественной радиоактивности на предприятиях, связанных с переработкой минерального сырья / Т.И.Евгениева, Э.П.Лисаченко // Тез. докладов VIII Всероссийской научно-практ. конф. по радиационной гигиене. - Л. - 1978. - С. 131-135.
12. Лисаченко, Э.П. Выявление радиационного фактора на горно-обогатительных и химических предприятиях / Э.П. Лисаченко, В.Ф. Дричко // Тез. III Всес. научно-практ. конф. по радиационной безопасности. - М. -1976. - С. 68.
13. Терентьев, М.В. Исследование и гигиеническая оценка уровней радиационного воздействия на население РСФСР естественных радионуклидов и космического излучения (заключительный отчет). № Госрегистрации 76002776. / М.В. Терентьев, Н.И. Шалак, В.Ф. Дричко [и др.] - Л. - 1980. - 345 с.
14. Крисюк, Э.М. Исследование и гигиеническая оценка доз облучения населения естественными радионуклидами, обусловленных хозяйственной деятельностью людей (заключительный отчет). № Госрегистрации 81008392. / Э.М. Крисюк, Д.К. Попов, В.И. Пархоменко [и др.] - Л. - 1985. - 194 с.
15. Королева, Н.А. Уровни облучения природными источниками излучения работников подземных предприятий не-урановой промышленности / Н.А. Королева, И.П. Стамат, М.В. Терентьев, Р.П. Терентьев // Радиационная гигиена. - 2008. - Т. 1, № 4. - С. 26-30.
16. Королева, Н.А. Аппаратурно-методические разработки и метрологическое обеспечение средств измерений объемной активности радона и дочерних продуктов распада в воздухе помещений/ Н.А. Королева, И.П. Стамат, М.В. Терентьев // Радиационная гигиена: сб. науч. тр. / СПб научно-исследовательский институт радиационной гигиены. - СПб. - 2006. - С. 52-60.
17. Израэльсон, З.И. Вопросы гигиены труда и профессиональной патологии при работе с редкими металлами/ З.И. Израэльсон, О.Я. Могилевская, С.В.Суворов. - М.: Медицина, 1973.
18. Поляченко, Л.П. О всасывании тория-232 в организм человека в условиях производственного контакта/ Л.П. Поляченко, Э.М. Крисюк, Э.Л. Шапиро //Материалы Республиканской конференции по радиационной гигиене (Казань, 13-15 июля 1971 г.). - Л.: ЛНИИРГ, 1971. - вып. 4. - С. 69-70.
19. Иванов, Е.В. Оценка эффективности средств защиты кожи от радиоактивных загрязнений с помощью счетчиков излучения человека/Е.В. Иванов, Э.М. Крисюк, О.В. Лебедев [и др.]// Методы определения содержания радиоактивных изотопов в организме человека.- Л. - 1973.- С. 63-65.
20. Пархоменко, В.И. Исследование радиоактивности строительных материалов и разработка методов их контроля : автореф. дисс. канд. техн. Наук / В.И. Пархоменко. - М.: ВЦНИИ Охраны труда, 1984. - 23 с.
21. Menzel, R.G. Uranium, radium and thorium content in phosphate RaS and their possible radiation hazard.-J of Agricultural and Food Chemistry / R.G. Menzel. - 1968, v.16, No 2, pp. 231-234.
22. Lisachenko, E.P. Radioactivity of Coals, Ashes and Slags in the USSR/ E.P. Lisachenko, O.L. Obuchova // Proc. of the Second Special Symposium on Natural Radiation Environment/ Bombay January 19-23. 1981, pp. 413-415

Поступила: 09.02.2016 г.

**Лисаченко Эльвира Павловна** – ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева. Адрес: 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8. Телефон: (812)232-43-29. E-mail: journal@niirg.ru

**Стамат Иван Павлович** – доктор биологических наук, заведующий лабораторией дозиметрии природных источников Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева. Адрес: 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8. Телефон: (812)232-43-29. E-mail: istamat@mail.ru

**Королева Надежда Андреевна** – старший научный сотрудник Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева. Адрес: 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8. Тел.: 8(812)233-43-49

• **Лисаченко, Э.П., Стамат, И.П., Королева, Н.А. История становления лаборатории дозиметрии природных источников в Институте радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева: 1970–1986 гг. // Радиационная гигиена. – 2016. – Т. 9, № 1. – С. 45–57.**

### Development history of natural sources dosimetry laboratory at the Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev: 1970–1986

Lisachenko El'vira P. – Leading Scientific Worker of St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being. (Mira St., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; e-mail: journal@niirg.ru) (Address for correspondence)

✉ **Stamat Ivan P.**

The Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev.  
Address for correspondence: Mira St., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; e-mail: istamat@mail

**Stamat Ivan P.** – Doctor of Biology, Head of Natural Sources Dosimetry Laboratory of St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being. (Mira St., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; e-mail: istamat@mail)

**Koroleva Nadezhda A.** – Senior Researcher of the Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being (Mira street, 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia)

#### Abstract

*At the initial development stage of the Leningrad Research Institute of Radiation Hygiene natural sources dosimetry laboratory the experts focused at establishment of equipment and methodology. The following period of the lab activity was rather related to theoretical and experimental research which finally led to creation of a new in radiation hygiene field of work on standard protection of population irradiation caused by natural sources of ionizing radiation. The article describes the main results of the laboratory research of construction materials natural radioactivity and the subsequent substantiation of specifications on natural radionuclides content in them. There was parallel research of natural radionuclides transfer in the system "fertilizers→soil→plants" and further along the nutrition chain into the human body. In these works there were first obtained the quantitative data on coefficients of natural radionuclides transfer from fertilizers into agricultural plants, data on the natural radionuclides content in phosphate fertilizers of the main manufacturers, and the reference data on the natural radioactivity of arable soils. This research provided substantiation of a standard of natural radionuclides content in phosphate fertilizers. Important results were also received in a large-scale research of natural environment radioactivity and of technological processes of production, processing and use of mineral raw materials. During this research for the first time there were obtained the tool data on irradiation levels and structure of doses of non-uranium industries enterprises' employees and on natural radionuclides balance parameters in different technologies.*

*For the last two years of the considered period the laboratory was practically not engaged in its primary activity – the efforts of all laboratory and the Institute experts were focused at analysis of Chernobyl NPP accident consequences, research of man-caused environmental contamination and development of protective activities.*

**Key words:** *natural and man-made radionuclides, construction materials, phosphate materials, phosphate fertilizers, non-uranium industry, industrial environment, industrial waste, radon and its short-lived progeny, dust radiation factor.*

#### References

- Lisachenko Je.P., Stamat I.P. Istorija stanovlenija laboratorii dozimetrii prirodnyh istochnikov v institute Radiacionnoj gigieny imeni professora P.V.Ramzaeva [Development history of natural sources dosimetry laboratory at the Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev]. Radiacionnaja gigiena - Radiation Hygiene, 2015., V. 8., No 4, pp 62-73.
- Krisjuk Je.M., Parhomenko V.I., Smirnov B.I. [et al] Vysokochuvstvitel'nyj scintilljacionnyj gamma-spektrometr SGS-200 [High-sensitivity scintillation gamma spectrometer SGS-200], PTE, 1975, 5, p. 33.
- Krisjuk Je.M., Tarasov S.I., Shamov V.P. [et al] Issledovanie i normirovanie radioaktivnosti stroitel'nyh materialov [Research and rate setting of construction materials radioactivity], M., Atomizdat, 1974.
- Krisjuk E.N., Karpov V.I. Cost-benefit analysis applied to construction materials with comparatively high natural radionuclide concentration, Health Physics, 1980, v. 39, pp 578-580.
- Krisjuk Je.M., Parhomenko V.I., Lisachenko Je.P. Radiacionnogo-gigienicheskaia charakteristika othodov promyshlennosti, ispol'zuemyh v stroitel'noj industrii [Radiation and hygienic description of industrial waste used in construction industry]. Gigiena i sanitarija - Hygiene and Sanitary, 1981, № 8, pp 34-36
- Drichko V.F., Lisachenko Je.P., Mihajlova O.A. [et al] Perehod nekotoryh estestvennyh radioaktivnyh nuklidov iz pochvy v rastenija [Transition from soil into plants of some natural radioactive nuclides], M., Atomizdat, 1976, 19p.
- Drichko V.F., Lisachenko Je.P., Ponikarova T.M. [et al] Izotopy uranovogo i torievogo rjadov v fosfornyh udobrenijah, pahotnyh pochvah i sel'skohozjajstvennyh rastenijah [Isotopes of uranium and thorium series in phosphate fertilizers, arable soils and agricultural plants], M., Atomizdat, 1980, 11p.
- Drichko V.F., Lisachenko Je.P. Ocenka vodnogo vynosu estestvennyh radionuklidov iz pahotnyh pochv [Assessment of carrying over by water of natural radionuclides from arable soils]. Jekologija - Ecology, 1977, №4, pp. 28-34.
- Grashhenko S.M., Drichko V.F., Krisjuk Je.M. [et al] K normirovaniju koncentracij estestvennyh radionuklidov v fosfornyh udobrenijah [On rate setting of natural radionuclides concentration in phosphate fertilizers]. Gigiena i sanitarija - Hygiene and Sanitary, 1981, No 1, pp. 84-86.
- Lisachenko, Je.P. Ocenka postuplenija estestvennyh radionuklidov v okruzhajushhuju sredu i sferu proizvodstva pri pererabotke otechestvennyh fosfatov [Assessment of natural radionuclides emission into natural and industrial environment at processing of domestic phosphates]. Radiacionnaja gigiena: sb. nauch. tr. - Radiation Hygiene: collection of scientific papers, L., 1986, issue 15, pp. 115-120.
- Evgenieva T.I., Lisachenko Je.P. Rezul'taty predvaritel'noj ocenki estestvennoj radioaktivnosti na predpriyatijah, svjazannyh s pererabotkoj mineral'nogo sy-r'ja [Results of natural radioactivity preliminary assessment at the enterprises processing mineral raw materials]. Tez. doklady VIII Vserossijskoj nauch-no-prakt. konf. po radiacionnoj gigiene - Abstracts of the VIII all-Russia scientific and experiential conference on radiation safety, M., 1976, pp. 68.
- Lisachenko, Je.P., Drichko V.F. Lisachenko, Je.P. Vyjavlenie radiacionnogo faktora na gorno-obogatitel'nyh i himicheskikh predpriyatijah [Detection of radioactivity at mineral processing and chemical enterprises]. Tez. III Vses. nauchno-prakt. konf. po radiacionnoj bezopasnosti - Abstracts of the VIII all-Russia

- scientific and experiential conference on radiation safety, M., 1976, pp. 68.
13. Terent'ev M.V., Shalak N.I., Drichko V.F. [et al] Issledovanie i gigienicheskaja ocenka urovnej radiacionnogo vozdejstviya na naselenie RSFSR estestvennyh radionuklidov i kosmicheskogo izlucheniya (zakljuchitel'nyj otchet). № Gosregistracii 76002776 [Research and hygienic assessment of influence on RSFSR population of natural radionuclides and space radiation levels (final report). State registration No 76002776], L., 1980, 345 p.
  14. Krisjuk Je.M., Popov D.K., Parhomenko V.I. [et al] Issledovanie i gigienicheskaja ocenka doz oblucheniya naselenija estestvennymi radionuklidami, obuslovlennyh hozjajstvennoj dejatel'nost'ju ljudej (zakljuchitel'nyj otchet). № Gosregistracii 81008392 [Research and hygienic assessment of natural radionuclides population irradiation doses caused by economic activities (final report). State registration No 81008392], L., 1985, 194 p.
  15. Koroleva N.A., Stamat I.P., Terent'ev M.V., Terent'ev R.P. Urovni oblucheniya prirodnyimi istochnikami izlucheniya rabotnikov podzemnyh predpriyatij neuranovoj promyshlennosti [Level of natural sources irradiation of non-uranium industry underground enterprises employees]. Radiacionnaja gigiena - Radiation Hygiene, 2008, V. 1, No 4, pp. 26-30.
  16. Koroleva N.A., Stamat I.P., Terent'ev M.V. Apparaturno-metodicheskie razrabotki i metrologicheskoe obespechenie sredstv izmerenij ob'emnoj aktivnosti radona i dochernih produktov raspada v vozduhe pomeshhenij [Tool and methodology developments and metrological support of means for measuring of volumetric activity of radon and its daughters in the air of premises]. Radiacionnaja gigiena: sb. nauch. tr. - Radiation Hygiene: collection of scientific papers, St.-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene, St.-Petersburg, 2006, pp 52-60.
  17. Izrael'son Z.I., Mogilevskaja O.Ja., Suvorov S.V. Voprosy gigieny truda i professional'noj patologii pri rabote s redkimi metallami [Issues of labor hygiene and professional diseases at work with rare metals], M., Medicine, 1973.
  18. Poljachenko L.P., Krisjuk Je.M., Shapiro Je.L. O vsasyvanii torija-232 v organizm cheloveka v uslovijah proizvodstvennogo kontakta [On absorption into human body of thorium-232 in industrial contact conditions]. Materialy Respublikanskoj konferencii po radiacionnoj gigiene (Kazan', 13-15 ijulja 1971 g.) - Materials of Republican Conference on Radiation Hygiene (Kazan, July, 13-15, 1971), L., LSRI RH, 1971, issue 4, pp. 69-70.
  19. E.V. Ivanov, Je.M. Krisjuk, O.V. Lebedev [et al] Ocenka jeffektivnosti sredstv zashhity kozhi ot radioaktivnyh zagrjaznenij s pomoshh'ju schetchikov izlucheniya cheloveka [Assessment using whole-body counters of skin protection means efficiency against radiation pollutants]. Metody opredelenija sodержanija radioaktivnyh izotopov v organizme cheloveka - Methods of radioactive isotopes content definition in human body, L., 1973, pp. 63-65.20. Parhomenko, V.I. Issledovanie radioaktivnosti stroitel'nyh materialov i razrabotka metodov ih kontrolja: avtoref. diss. kand. tehn. nauk - Study of construction materials radioactivity and development of methods for its control: author's abstract. Cand.Sci. (Engineering), M., ARCSRI of Labor Safety, 1984, 23 p.
  21. Menzel, R.G. Uranium, radium and thorium content in phosphate RaS and their possible radiation hazard.-J of Agricultural and Food Chemistry/ R.G. Menzel- 1968,v.16, No 2, pp 231-234.
  22. Lisachenko, E.P. Radioactivity of Coals, Ashes and Slags in the USSR/ E.P. Lisachenko, O.L. Obukhova // Proc. of the Second Special Symposium on Natural Radiation Environment/ Bombay January 19-23.1981, pp. 413-415.
- **Lisachenko E.P., Stamat I.P., Koroleva N.A. Istorija stanovlenija laboratorii dozimetrii prirodnyh istochnikov v institute radiacionnoj gigieny imeni professora P.V.Ramzaeva: 1970–1986 gody [Development history of natural sources dosimetry laboratory at the Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev: 1970–1986]. Radiacionnaja gigiena – Radiation Hygiene, 2016., V.9, No 1, pp. 45–57.**