

§1 УПРАВЛЕНИЕ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ

Диденко П. И., Прончев Г. Б.

РАДОНОВАЯ ОПАСНОСТЬ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ РОССИИ

Аннотация. Предмет исследования – организационно-экономические аспекты радиационной деятельности в России в части обеспечения мер радоновой безопасности, создания эффективных механизмов функционирования систем, обеспечивающих радиационную безопасность окружающей среды и общества. Цель исследования – разработать концептуальные организационно-экономические основы целостной национальной системы обеспечения радоновой безопасности населения, в соответствии с которыми в российских условиях может быть создана надежная система защиты личности, общества и государства от такого рода радиационных опасностей и угроз. Методологическую основу статьи составил системный подход к анализу изучаемых процессов и явлений. Важную роль играли методы дедукции и индукции, факторного и сравнительного анализа, классификаций и группировок, экономико-математического моделирования и экспертных оценок. Научная новизна представлена в разработке мер взаимосвязанных, носящих системный характер, с целью нейтрализации радоновой опасности. Обращается внимание, что на долю естественных источников в структуре облучения населения России приходится около 70 % дозы, причем существенная доля этой дозы (60 %) формируется за счет радона. Автор отмечает, что по уровню радоновой опасности выделяются территории Читинской и Ростовской области, Алтайского и Ставропольского краев, Северо-Западного региона, Урала и ряда других регионов России. Соответственно, в современной сложной экологической ситуации значительно возрос удельный вес радоновой составляющей.

Ключевые слова: безопасность жизнедеятельности, экологическая безопасность России, воздействие негативных факторов, радиационная безопасность, естественные источники облучения, радон, системы безопасности, контроль и мониторинг, национальная безопасность, чрезвычайные ситуации.

Review. *The subject of this research is the organizational and economic aspects of radiation safety projects in Russia and the creation of the effective mechanisms of system operation that ensure radiation safety for the environment and society. The goal of this work is to develop conceptual organizational and economic foundations for the integral national system of ensuring human safety from radon, in accordance with which in Russia could be formed a reliable system for protecting individuals, society, and nation from such type of radiation hazards and threats. The scientific novelty lies in devising interrelated measures that carry systemic character, aimed at neutralization of radon risk. Particular attention is paid to the fact that the natural sources in the structure of public exposure account for approximately 70% of the radiation level, and a substantial part of this dose (60%) originates from radon exposure. The author notes that the territories of Chita and Rostov regions, Altai and Stavropol Krai, Ural, and a number of other regions have elevated radon levels. Therefore, we can observe that in the current complicated environmental situation, the unit weight of radon component has considerably increased.*

Keywords: *security systems, radon, natural exposure sources, radiation safety, influence of negative factors, environmental safety of Russia, life safety, control and monitoring, national security, emergency situations.*

В литературе появилось значительное количество статей и монографий, посвященных проблеме радиационного воздействия на население радона [1–5]. По данным Научного комитета по действию атомной радиации при Организации Объединенных наций (НКДАР ООН) за счет радона создается около половины общей дозы облучения населения от природных источников ионизирующего излучения [6, 7]. Нередки случаи, когда облучение населения радоном в жилищах приводит к годовым значениям эффективной дозы, превышающим предел дозы для лиц, профессионально работающих с ионизирующим излучением. Анализ, проведенный Комитетом по оценке риска здоровью при облучении радоном Национальной Академии Наук США (BEIR VI) [3], показал, что от 10 до 14 % случаев рака легких обусловлено облучением населения радоном в жилищах. После курения облучение радоном является следующей основной причиной возникновения этого тяжелого заболевания.

Столь серьезная ситуация, связанная с облучением населения, не могла не привлечь пристального внимания со стороны специалистов по радиационной безопасности. В различных странах (в Скандинавии, США и странах Европы) были разработаны и, как правило, успешно завершены радоновые программы. В России Федеральная целевая программа «Радон» принята в 1994 г. Основные направления этой программы: разработка методов и средств измерения радона и его дочерних продуктов распада, проведение массовых обследований жилых и общественных зданий в целях определения характерных уровней облучения радоном населения и выявления критических групп, проведение

эпидемиологических исследований для выявления количественной связи облучения населения радоном с возникновением рака легких.

Результатом исследований явилась разработка методов измерения радона и его продуктов распада [1, 2]. Исследования позволили получить достаточно подробную информацию по уровням объемной активности радона в воздухе помещений зданий, их связи с геологическим строением территорий, типовыми особенностями зданий, режимами содержания помещений [2, 6, 7]. В процессе выполнения радоновых исследований разрабатываются модели экстраполяции радиационного риска, позволяющие оценить вероятность возникновения рака легких у человека при различных сценариях облучения радоном [3, 8, 9]. Эти модели основываются на эпидемиологических данных по заболеваемости раком легких как шахтеров урановых рудников, так и населения, проживающего в зданиях с высокими уровнями объемной активности радона. Они помогают учесть при оценке радиационного риска не только уровень радиационного воздействия, но и такие факторы как среднюю продолжительность жизни в данном регионе, характерную спонтанную частоту возникновения рака легких, возраст в момент облучения, продолжительность облучения, курение и т. д.

Полученная информация позволила ввести нормативы облучения населения радоном. Согласно Нормам радиационной безопасности НРБ-99 [10] среднегодовое значение эквивалентной равновесной объемной активности дочерних продуктов распада радона и торона не должно превышать в эксплуатируемых зданиях 200 Бк/м³, а для проектируемых зданий – 100 Бк/м³. Указанные нормативы в целом соответствуют

рекомендациям Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ) [8].

По мере накопления информации по уровням радона в зданиях все чаще стали возникать вопросы – каким образом может быть снижена объемная активность радона в существующих зданиях или как предотвратить ее повышенные значения в строящихся? Для получения ответов на данные вопросы в Швеции, США, Великобритании и других странах проведены подробные исследования механизмов поступления радона в здания, ключевых факторов, способствующих этому, а также предложены различные инженерные методы, позволяющие как предотвратить поступление радона в помещения, так и эффективно удалить его из атмосферы. Особое внимание при этом уделялось не только эффективности разрабатываемых мер, но и их экономичности, а также тому, чтобы антирадоновые меры не снижали комфортности и безопасности проживания в зданиях.

В России проблема снижения радиационной нагрузки на население от природных источников ионизирующего излучения приобрела актуальность в связи с вопросом реабилитации территорий и населения, пострадавшего от радиационных аварий [2]. Для значительного количества населенных пунктов, пострадавших в результате аварии на ПО «Маяк» 1957 г. и сброса радиоактивных отходов в р. Течу, дозовые нагрузки от радона существенно превышают средние значения для Уральского региона и страны в целом и доходят до 3–8 м³/год. В данной ситуации реабилитационные мероприятия, направленные на снижение облучения населения радоном, могут скомпенсировать радиационные нагрузки, обусловленные радиоактивным загрязнением территории. Это характерно и для территорий, пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

РАДОНОВАЯ РАДИАЦИЯ

В ряде регионов России зарегистрировано большое число зданий, где концентрация радона в воздухе жилых помещений оказывается в десятки раз выше допустимых для населения нормативов (на Алтае, в Забайкалье, на Северном Кавказе, в Северо-Западном регионе). В радиационном отношении г. Гатчина и Выборг, часть районов Санкт-Петербурга отнесены к опасным и умеренно-опасным территориям по воздействию естественных радионуклидов. С учетом тектонической напряженности радиационная ситуация на площадях, примыкающих к Выборг-

ской губе, а также к обрамлению массива (участки Светогорский, Каменогорский, Советский и Приморский), оценивается на уровне обстановки на участке Порво-Ловиса, признанным одним из наиболее опасных в радиационном отношении не только в Скандинавских странах, но и на Земле. В пределах аномальных площадей по естественным радиоактивным элементам в ряде случаев накладываются техногенные аномалии (Чернобыльский и Восточно-Уральский радиоактивный след), а их суммарное воздействие на человека до сих пор изучено недостаточно. С этих позиций настоятельной необходимостью является оценка интегрального риска проживания в регионах (Алтая, Урала, Кавказа и др.) с повышенным радиационным фоном. Предприятия добывающих и перерабатывающих отраслей также существенно влияют на радиационную обстановку в районе их размещения из-за выбросов и сбросов, содержащих значительное количество радионуклидов.

Средние концентрации радона в воздухе помещений зданий в отдельных регионах России находятся в пределах от 8 до 143 Бк/м³ – для деревянных зданий, 10–138 Бк/м³ – для одноэтажных каменных зданий и 9–72 Бк/м³ – для многоэтажных каменных зданий, а ее среднее значение в целом по стране составляет 31 Бк/м³. Низкие концентрации радона характерны для жилых зданий в Республике Коми, Костромской и Рязанской областях, где ее среднее значение – 20 Бк/м³. В Республике Алтай, Ставропольском и Забайкальском краях, Иркутской области, Еврейской АО средние концентрации радона в жилых зданиях превышают 50 Бк/м³, являясь наиболее высокими в стране. На территориях с повышенной потенциальной радоноопасностью выявлены группы зданий, в которых среднегодовые концентрации радона в воздухе достигают нескольких тысяч Бк/м³.

ОЦЕНКА ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

Полная коллективная годовая эффективная доза населения России за счет всех источников ионизирующего излучения составляет около 478 тысяч чел.⁻³в, в среднем 3,45 м³в в расчете на одного жителя [11]. Из них 69,8 % дают естественные источники и 29,4 % – медицинское облучение. На долю иных источников, в том числе за счет радиационных аварий и деятельности предприятий, использующих искусственные источники ионизирующих излучений, в целом по России приходится менее 1 %. При этом по различным

субъектам России имеются отличия в структуре доз облучения у населения. Наибольшие вклады в коллективную дозу населения за счет облучения природными источниками имеют место в Корякском автономном округе (95 %), Республике Алтай (92 %), Ростовской области и республике Саха (86 %), Челябинской и Омской областях и Алтайском крае (82 %), наименьшие – в Смоленской и Калужской областях (43 и 50 % соответственно). Наиболее высокие уровни облучения работников в производственных условиях наблюдаются в горнодобывающей и перерабатывающей отрасли, где в зависимости от вида добываемых полезных ископаемых дозы облучения достигают 50–100 м³в/год. Медицинское облучение изменяется (по вкладу в общее облучение) от 5 % в Корякском автономном округе до 57 % в Смоленской области. Доля, обусловленная техногенными источниками, составляет более 1 % в Новосибирской (2,56 %), Томской (1,91 %), Читинской (1,32 %) и Курской (1,27 %) областях, в то время как в 14 субъектах федерации не превышает 0,1 %.

Оценка вкладов по России в целом близка к среднемировым данным.

На долю естественных источников в структуре облучения населения России приходится около 70 % дозы. Коллективная доза от них составляет от 100 до 500 тысяч чел.⁻³в в год, что значительно больше коллективной дозы от загрязнений искусственными радионуклидами, в том числе в связи с авариями, включая аварию на Чернобыльской АЭС. Сравнение доз облучения от радона и от последствий чернобыльской аварии для населения России показывает, что в загрязненных районах России (уровень радиоактивного загрязнения по Cs-137 более 1 Ки/км²) коллективная доза облучения тела оценивается в 20 тысяч чел.⁻³в, в то время как для этой же когорты лиц ежегодная доза от радона составляет 17 тысяч чел.⁻³в. Для загрязненных районов Брянской области – наиболее пострадавшей от чернобыльской аварии, вклады в облучение населения от естественных и искусственных радионуклидов примерно совпадают. Для остальных же районов области в суммарной дозе превалирует вклад радона. Еще более показательна ситуация в другом неблагоприятном по уровню облучения населения регионе России – Алтайском крае. Дозы облучения от искусственных радионуклидов в районах края, загрязненных в период испытаний ядерного оружия на Семипалатинском полигоне, мало отличаются от средне-русского значения. Средняя индивидуальная

доза в некоторых районах составляет 23 м³в/год, что почти в 7 раз выше среднероссийского уровня. Превышение объясняется высокими концентрациями радона в помещениях обследованных районов.

Результаты радоновых обследований регионов России носят весьма ограниченный и фрагментарный характер. Возможно, это обстоятельство и отсутствие единой методологии приводит к тому, что оценки коллективной дозы населения России от естественных источников излучения изменяются в широких пределах. Очевидно, что в связи с этим важное значение для правильного определения приоритетных мер приобретает обоснованная и стандартизованная методология расчета коллективных доз облучения населения от разных видов облучения (техногенные источники, естественные источники, медицинское облучение). Следует отметить, что такая методология необходима не только для определения приоритетных мер, но и для адекватной оценки эффективности планируемых или проведенных защитных мероприятий.

При отсутствии детальных результатов выборочных обследований жилых помещений по объемной активности радона во всех регионах России с учетом их геолого-геофизических, климатических, социальных и демографических особенностей оценка коллективной дозы облучения населения России может быть проведена лишь с большей или меньшей долей достоверности. Однако, она должна основываться на определенных обоснованных предположениях и допущениях, которые в последующем могут уточняться.

Предложена модель расчета коллективной дозы для населения России от радона [12], основанная на ряде оговоренных исходных положений, касающихся социо-демографических и географических условий проживания населения. В основу оценок доз были положены карта радоноопасности территорий [13] и результаты измерений объемной активности радона в помещениях населенных пунктов [6, 14], которые были приняты в качестве представительных для территорий с различной степенью радоноопасности.

Расчеты по модели показали, что основной вклад в коллективную дозу облучения населения России от радона (130 тысяч чел.⁻³в) обусловлен облучением городских и сельских жителей, проживающих на первых этажах жилых зданий (85 тысяч чел.⁻³в). При этом долевой вклад в коллективную дозу части населения из этой наиболее облучаемой группы лиц, проживающей на

территориях с повышенным уровнем облучения (4 % от всего населения России), составляет 23 %.

Дозы облучения приблизительно 133 млн. человек (что составляет около 90 % населения России) не превышают $2 \text{ м}^3\text{в}$. В то же время около 11 млн. человек (7,4 % от населения страны) живут в условиях повышенного ($2\text{--}5 \text{ м}^3\text{в}$), а 3,7 млн. (2,5 %) – высокого облучения от радона – свыше $5 \text{ м}^3\text{в}$. Один миллион жителей России облучается от радона в дозе более $10 \text{ м}^3\text{в}$. При этом 68 % таких жителей приходится на наиболее облучаемую группу. В соответствии с полученной оценкой около 200 тысяч жителей подвергаются облучению с уровнем, превышающим $20 \text{ м}^3\text{в}$.

Полученные оценки позволяют подчеркнуть важность адекватного понимания ведущей роли радона в облучении населения. Численность населения страны, облучаемого в профессиональных дозах, превышает, или как минимум, сопоставима с количеством персонала, для которого ведется учет облучения. Очевидно, что по мере уточнения социо-демографических характеристик населения России и появления новых результатов радонового мониторинга в большем количестве регионов России модель может развиваться в сторону большей детализации и станет возможным дальнейшее уточнение оценок, что позволит, помимо более четкой идентификации групп риска, уточнить ущерб, связанный с коллективными дозами, и более осознанно распределять усилия и средства на снижение облучения населения. Если исходить из того, что значения доз облучения населения ближе к полученным в [12] (коллективная доза 130, а не $335 \text{ тыс. чел.}^{-3}\text{в}$, как это следует из [11]), они не могут не настораживать.

Известны факты повышенных уровней облучения отдельных групп населения и от других природных радионуклидов, содержащихся

в строительных материалах, объектах окружающей среды, в особенности на территориях, прилегающих к крупным предприятиям горнодобывающих, перерабатывающих и энергетических отраслей промышленности. Дополнительное облучение населения в результате антропогенного загрязнения природными радионуклидами приобретает все большие масштабы. Такое загрязнение происходит при сжигании угля, добыче нефти, разработке месторождений полиметаллических руд, производстве и применении фосфатных удобрений и других видах деятельности.

Радон и другие природные источники ионизирующего излучения дают определяющий вклад в облучение и в профессиональной сфере. Некоторые категории работников (горнопроходчики, шахтеры не урановых шахт и др.), получают от природных источников дозы, сопоставимые или превышающие дозы для работников, связанных с использованием источников ионизирующих излучений.

На долю естественных источников в структуре облучения населения России приходится около 70 % дозы, причем существенная доля этой дозы (60 %) формируется за счет радона. По уровню радоноопасности выделяются территории Читинской и Ростовской области, Алтайского и Ставропольского краев, Северо-Западного региона, Урала и ряда других регионов России. Однако, и в относительно благополучных регионах имеются участки с повышенным содержанием радона в жилых и производственных зданиях. С учетом этого стратегия деятельности по обеспечению радиационной безопасности населения необходимо строить на основе признания в той или иной степени потенциальной радоноопасности территории России.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Крисюк Э. М. Радиационный фон помещений. – М.: Энергоатомиздат. 1989. – 120 с.
2. Жуковский М. В., Ярмошенко И. В. Радон: измерение, дозы, оценка риска. Екатеринбург, УрО РАН, 1997. – 231 с.
3. Health Effects of Exposure to Radon. Committee on Health Risks of Exposure to Radon (BEIR VI). Washington, National Academy Press, 1999.
4. Pavlenko T. A., Los I. P., Aksenov N. V. Indoor ^{222}Rn levels and irradiation doses in the territory of the Ukraine. // Radiation measurement. – 1996. – V. 26. – N 4. – P. 585–592.
5. Кулиш Е. А., Н. Н. Макаренко, И. Л. Комов, П. И. Диденко Перспективы прогноза урановой, ториевой и редкометальной минерализации по комплексу геофизических и геохимических методов. // Разведка и охрана недр, 2007, № 6, с. 32–42.

6. Источники, эффекты и опасность ионизирующей радиации: Докл. НКДАР ООН за 1988 г. – М.: Мир. 1992. Т. 1. СССССс
7. Sources and effects of ionizing radiation. UNSCEAR 1993. Report to the General Assembly with Scientific Annexes. UN. N.Y., 1993.
8. Защита от радона-222 в жилых зданиях и на рабочих местах. Публикация 65 МКРЗ. М.: Энергоатомиздат, 1995.
9. Риск заболевания раком легких от воздействия дочерних продуктов распада в помещениях. Публикация 50 МКРЗ. М.: Энергоатомиздат, 1992.
10. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). М.: Минздрав России, 1999.
11. Справочник «Дозы ионизирующего населения Российской Федерации в 1999 году». Под редакцией П.В. Рамзаева, СПбНИИРГ, Санкт-Петербург, 2001, 29 с.
12. Маренный А. М., Савкин М. Н., Шинкарев С. М. Оценка облучения населения России радоном (метод и результаты). // Медицинская радиология и медицинская безопасность, 1999. Т. 44, № 6, с. 37–43.
13. Максимовский В. А., Харламов М. Г., Мальцев А. В., Лучин И. А., Смыслов А. А. Районирование территории России по степени радоноопасности. АНРИ, 1996/97, №3(9), 66–73.
14. Marenny A. M., Vorozhtsov A. S., Nefedov N. A. Results of radon concentration measurements in some regions of Russia. // Radiation Measurements. 1995, V.

REFERENCES

1. Krisyuk E. M. Radiatsionnyi fon pomeshchenii. – М.: Energoatomizdat. 1989. – 120 s.
2. Zhukovskii M. V., Yarmoshenko I. V. Radon: izmerenie, dozy, otsenka riska. Ekaterinburg, UrO RAN, 1997. – 231 s.
3. Health Effects of Exposure to Radon. Committee on Health Risks of Exposure to Radon (BEIR VI). Washington, National Academy Press, 1999.
4. Pavlenko T. A., Los I. P., Aksenov N. V. Indoor 222Rn levels and irradiation doses in the territory of the Ukraine. // Radiation measurement. – 1996. – V. 26. – N 4. – P. 585–592.
5. Kulish E. A., N. N. Makarenko, I. L. Komov, P. I. Didenko Perspektivy prognoza uranovoi, torievoi i redkometal'noi mineralizatsii po kompleksu geofizicheskikh i geokhimicheskikh metodov. // Razvedka i okhrana nedr, 2007, № 6, s. 32–42.
6. Istochniki, efekty i opasnost' ioniziruyushchei radiatsii: Dokl. NKDAR OON za 1988 g. – М.: Mir. 1992. Т. 1. СССССс
7. Sources and effects of ionizing radiation. UNSCEAR 1993. Report to the General Assembly with Scientific Annexes. UN. N.Y., 1993.
8. Zashchita ot radona-222 v zhilykh zdaniyakh i na rabochikh mestakh. Publikatsiya 65 MKRZ. М.: Energoatomizdat, 1995.
9. Risk zabolevaniya rakom legkikh ot vozdeistviya dochernikh produktov raspada v pomeshcheniyakh. Publikatsiya 50 MKRZ. М.: Energoatomizdat, 1992.
10. Normy radiatsionnoi bezopasnosti (NRB-99). М.: Minzdrav Rossii, 1999.
11. Spravochnik «Dozy ioniziruyushchego naseleniya Rossiiskoi Federatsii v 1999 godu». Pod redaktsiei P.V. Ramzaeva, SPbNIIRG, Sankt-Peterburg, 2001, 29 s.
12. Marennyi A.M., Savkin M.N., Shinkarev S.M. Otsenka oblucheniya naseleniya Rossii radonom (metod i rezul'taty). // Meditsinskaya radiologiya i meditsinskaya bezopasnost', 1999. Т. 44, № 6, s. 37–43.
13. Maksimovskii V. A., Kharlamov M. G., Mal'tsev A. V., Luchin I. A., Smyslov A. A. Raionirovanie territorii Rossii po stepeni radonoopasnosti. ANRI, 1996/97, №3(9), 66–73.
14. Marenny A. M., Vorozhtsov A.S., Nefedov N. A. Results of radon concentration measurements in some regions of Russia. // Radiation Measurements. 1995, V