

ГЕОЭКОЛОГИЯ/GEOECOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.155.72>

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДОНА КАК ФАКТОРА РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Научная статья

Апкин Р.Н.^{1,*}

¹ Казанский государственный энергетический университет, Казань, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (renat.apkin[at]gmail.com)

Аннотация

Риск высокого радиоактивного воздействия в понимании большинства людей чаще всего связан с повреждением ядерных конструкций, несоблюдением правил обращения с радиоактивными веществами и иными чрезвычайными обстоятельствами. Однако зачастую мы оставляем без внимания вещества, которые создают естественную радиацию.

Одно из таких веществ — радиоактивный газ радон. Образование радона происходит в результате естественного радиоактивного распада урана, присутствующего во многих горных породах и почвах. Максимальные уровни концентрации радона, как правило, встречаются на территориях с благоприятными геолого-геоморфологическими условиями для его эскаляции. Большая часть населения на радиоопасных территориях в основном подвержена воздействию радона, находясь в своих домах; или же, в зависимости от профессии, пребывая в помещениях, где расположены рабочие места. В таких случаях необходимо периодически производить мониторинг уровня радона в помещениях и принимать необходимые меры. Контроль над уровнем радона предполагает проведение исследований содержания этого газа в грунтах при проектировании зданий и объектов инфраструктуры.

Цель настоящей работы заключается в исследовании эскаляции радона на территории с.Кояново Пермского края.

Ключевые слова: радон, эскаляция, опасность, здоровье, проветривание.

STUDY OF RADON AS A RISK FACTOR FOR PUBLIC HEALTH ON THE TERRITORY OF PERM KRAI

Research article

Apkin R.N.^{1,*}

¹ Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russian Federation

* Corresponding author (renat.apkin[at]gmail.com)

Abstract

The risk of high radioactive exposure as most people understand it is most often associated with damage to nuclear structures, non-compliance with radioactive substance handling regulations and other emergencies. However, we often overlook substances that produce natural radiation.

One such substance is the radioactive gas radon. The formation of radon occurs as a result of natural radioactive decay of uranium, which is present in many rocks and soils. Maximum levels of radon concentration are usually found in areas with favourable geological and geomorphological conditions for its exhalation. Most of the population in radon-hazardous areas is mainly exposed to radon while staying in their homes; or, depending on their occupation, staying in the premises where workplaces are located. In such cases, it is necessary to periodically monitor the radon level in the premises and take necessary measures. Control over radon level implies studies of the content of this gas in soils during the design of buildings and infrastructure facilities.

The aim of the present work is to study radon exhalation in the territory of Koyanovo village, Perm Krai.

Keywords: radon, exhalation, danger, health, airing.

Введение

Радон как радиоактивное вещество представляет собой источник альфа-излучения, имеющего низкое проникающее свойство. Любые изотопы радона распадаются за короткое время: наиболее устойчив изотоп ^{222}Rn с периодом полураспада 3,8 суток, второй по устойчивости ^{220}Rn (торон), его период полураспада равен 55,6 секунд. Защитой от альфа-частиц может быть обычный лист бумаги или кожа человека, но, несмотря на это, опасная ситуация зачастую возникает следующим образом.

После того как радон покидает грунт (или воду) и смешивается с воздухом, он диссоциирует с появлением радиоактивных частиц. Когда люди дышат, данные элементы оседают на клетках эпителия дыхательных путей, что может привести к нарушению ДНК клеток, а также вызвать развитие рака легких. Радон считается одной из основных причин образования этого опаснейшего заболевания. Исследования, проведенные в Европе, Северной Америке и Китае, подтвердили, что даже небольшое содержание радона представляет опасность для здоровья и способствует развитию болезней [1].

Повышение средней концентрации этого газа за продолжительное время на 100 Бк/м³ увеличивает примерно на 16% риск образования злокачественных образований в легких. Предполагается, что зависимость «доза-ответ» является линейной; таким образом, опасность развития рака увеличивается пропорционально возрастанию воздействия радона. Онкозаболевание происходит в интервале от 3% до 14% всех случаев в зависимости от среднего уровня концентрации радона и распространенности курения. По результатам исследований, возможность развития онкозаболевания органов дыхания из-за влияния радона у курящих в 25 раз выше, чем у некурящих.

В процессе вдыхания этого газа радиация может попадать в другие органы, однако при этом ее уровень будет в несколько раз ниже, нежели показатель радиации в легких.

Плотность радона при нормальных условиях составляет $9,73 \text{ кг}/\text{м}^3$; это приблизительно в 7,6 раз больше, чем плотность воздуха [1], [2], [3]. Поэтому высокие концентрации этого газа образуются внутри плохо проветриваемых помещений, расположенных в подвалах и полуподвалах, а также на первых этажах различных строений.

Радон легко растворяется в воде и легко испаряется. Он присутствует практически во всех подземных водах, и использование воды из скважин без предварительной подготовки в целях водоснабжения жилых помещений может создать опасные условия для здоровья людей.

В настоящее время в России действуют следующие нормативные документы, касающиеся ионизирующего излучения:

- Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 7 июля 2009 г. N 47 «Об утверждении СанПиН 2.6.1.2523-09».

- Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 26 апреля 2010 г. N 40 «Об утверждении СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010)» [4].

Для Пермского края в 2001 году были разработаны Территориальные строительные нормы (ТСН-22-33-2001), в которых рассматриваются вопросы обеспечения радиационной безопасности населения от воздействия природных радионуклидов при строительстве объектов в Пермской области [5].

Методы и принципы исследования

Измерения концентрации радона проводились радиометром RTM 1688-2 Geo Station производства немецкой фирмы «SARAD» GmbH. Прибор RTM 1688-2 Geo Station был разработан этой фирмой на основе прибора RTM-1688 для измерения объемной активности радона в почвенном воздухе при помощи специального зонда (рис. 1) [6], [7]. В России радиометр радона и торона RTM-1688 занесен как техническое средство измерений радона в Госреестр средств измерений РФ с номером 50382-12. Имеет обозначение типа СИ: RTM-1688/2200 (PPA-1688/2200).



Рисунок 1 - Прибор RTM 1688-2 Geo Station с подключенным зондом и компьютерной программой Radon Vision

Software

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.155.72.1>

В каждой контрольной точке измерения проводились в течение 8 часов с периодом регистрации 10 минут. С помощью зонда определялись значения объемной активности радона, температуры, относительной влажности среды и атмосферного давления.

Основные результаты

С целью разработки рекомендаций для населения села Кояново Пермского района на территории населенного пункта были проведены исследования содержания радона в грунтах, на которых расположены жилые строения. В связи с ростом численности населения села (табл. 1) и, как следствие, быстрым ростом строительства жилых домов и других зданий, вопрос исследования радиационного фона на территории села становится очень актуальным.

Таблица 1 - Динамика численности населения с. Кояново

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.155.72.2>

Год	Численность, человек
2010	1 320
2012	1 330
2013	1 361
2020	1 493
2021	1 544
2023	1 508
2024	1 700

На территории села Кояново были проведены замеры объемной активности радона в грунтах на 5 контрольных точках, которые расположены примерно на одинаковых расстояниях вдоль населенного пункта и на различных абсолютных отметках. На фрагменте космического снимка Google Earth Pro показаны контрольные точки замеров на территории села (Рис. 2).

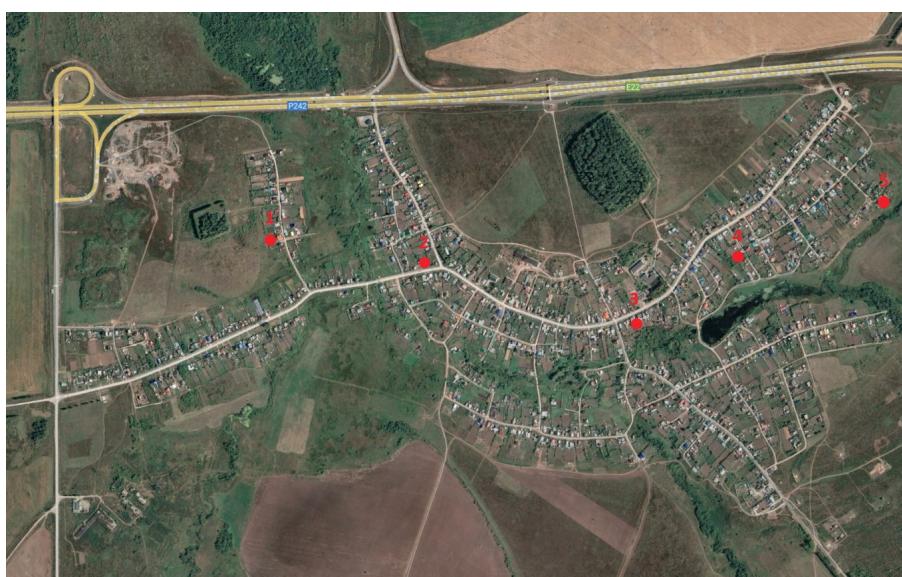


Рисунок 2 - Точки замера радона на территории села Кояново

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.155.72.3>

В результате обработки полученных данных определялись средние значения и заносились в таблицу (табл. 2).

Таблица 2 - Результаты измерений объемной активности радона в почвенном воздухе на глубине 0,3 м

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.155.72.4>

№	h _{абс} , м	Rn, Бк/м ³	t, С°	H, %	P, мм рт ст
1	133	14864	19,7	84	999
2	137	9839	15,1	87	998
3	143	12207	15,8	94	997
4	146	7770	15,4	89	1002
5	145	8947	18,7	86	1007

Обсуждение

Автором весной в 2010 году были проведены исследования содержания радона в воздухе помещений жилого дома, расположенного на четвертой контрольной точке. В жилых комнатах концентрация радона в воздухе достигла значений в 1,5–2 раза выше допустимого уровня ($301\text{--}407 \text{ Бк}/\text{м}^3$), а в подвальном помещении в 6 раз выше нормы жилых помещений ($1252\text{--}1262 \text{ Бк}/\text{м}^3$) [8]. При сопоставлении этих значений с данными таблицы 2 видно, что существует вероятность превышения допустимого уровня во всех жилых домах с.Кояново, а территорию можно

отнести к радиоопасной. Для разработки рекомендаций рассмотрим причины возникновения опасного уровня концентрации радона в воздухе жилых помещений.

Уровень радона в помещениях зависит от нескольких составляющих:

- 1) геологические характеристики территории — например, уровень урана и проницаемость подстилающих пород и грунтов;
- 2) пути попадания радона в помещения из грунта или почвы;
- 3) выделение радона из строительных материалов;
- 4) частота воздухообмена в зданиях.

Радон проникает в помещение сквозь щели в полах или на стыках полов и стен, неуплотненные технологические отверстия вокруг труб или кабелей, небольшие поры в стенах, возведенных из пустотелых бетонных блоков, полости в стенах, а также через внутренние водостоки и дренажные системы. Как правило, уровень данного газа чаще всего бывает выше в подвалах, соприкасающихся с грунтом, а также в помещениях цокольных этажей.

В большинстве стран питьевая вода поступает из подземных источников. Разумеется, уровень радона в воде из скважин и ключей выше, чем в воде из поверхностных источников водоснабжения (водохранилищ, рек или озер). Однако в настоящее время данные эпидемиологических исследований не подтверждают, что употребление питьевой воды, которая содержит радон, увеличивает риск онкозаболеваний [9], [10].

Преимущественно высокий уровень радона содержится в зданиях в зимнее время, так как зимой проветривание осуществляется достаточно редко, и газ только накапливается в комнатах.

Заключение

Чтобы уменьшить содержание радона в воздухе внутри зданий, необходимо регулярно проветривать комнаты; в этом случае значение газа не достигнет опасной концентрации. Для того чтобы снизить уровень радона в подвальных комнатах или же в подполе, следует герметизировать пол и стены, а также установить систему вентиляции.

При правильном подходе к строительству дома перед началом работ следует изучить место строительства и измерить содержание радона, и на основе полученных данных подобрать подходящие строительные материалы и защитные технологии.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть представлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Радон и его воздействие на человека. — URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/radon-and-health> (дата обращения: 20.09.2023).
2. Бекман И.Н. Эманирование твердых тел: учеб.пособие / И.Н. Бекман. — URL: <http://profbeckman.narod.ru/Eman.htm> (дата обращения: 14.05.2023)
3. Корецкая Л.С. Статистическое описание радона и табакокурения как совокупных факторов риска для возникновения бронхолегочного рака в Республике Молдова / Л.С. Корецкая, А.В. Оверченко // Труды Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию Белорус. гос. мед. ун-та «Современные технологии в медицинском образовании». — Минск, 2021. — С. 1738–1742.
4. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. — Москва : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. — 100 с.
5. Обеспечение радиационной безопасности населения от воздействия природных радионуклидов при строительстве объектов в Пермской области // Территориальные строительные нормы (ТСН 22-303-2001) Пермская область. — Пермь : Администрация Пермской области, 2001.
6. Апкин Р.Н. Исследование радона в городе Казань и его окрестностях / Р.Н. Апкин // Актуальные тенденции развития фундаментальных и прикладных наук на рубеже XXI века: монография / Рос. гос. аграр. заоч. ун-т. — Москва, 2013. — С. 20–32.
7. SARAD GmbH. — URL: <https://www.sarad.de/index.php> (accessed: 15.08.2023).
8. Апкин Р.Н. Исследование радона в Пермском крае / Р.Н. Апкин // Экологическое образование и экологическая культура населения: материалы V международной научной конференции 25—26 февраля 2017 года. — Прага: Sociosféra-CZ, 2017. — С.11–16.
9. Уткин В.И. Газовое дыхание Земли / В.И. Уткин // Соросовский Образовательный Журнал. — 1997. — № 1. — С. 57–64.
10. Крисюк Э.М. Радиационный фон помещений / Э.М. Крисюк. — Ленинград : Недра, 1989. — 404 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Radon i ego vozdejstvie na cheloveka [Radon and its effects on humans]. — URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/radon-and-health> (accessed: 20.09.2023). [in Russian]

2. Bekman I.N. Jemanirovanie tverdyh tel: ucheb.posobie [Emanelling of solids: textbook] / I.N. Bekman. — URL: <http://profbeckman.narod.ru/Eman.htm> (accessed: 14.05.2023) [in Russian]
3. Koreckaja L.S. Statisticheskoe opisanie radona i tabakokurenija kak sovokupnyh faktorov riska dlja vozniknovenija bronholegochnogo raka v Respublike Moldova [Statistical description of radon and tobacco smoking as cumulative risk factors for bronchopulmonary cancer in the Republic of Moldova] / L.S. Koreckaja, A.V. Overchenko // Trudy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvjashhh. 100-letiju Belorus. gos. med. un-ta «Sovremennye tehnologii v medicinskom obrazovanii» [Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, dedicated to the 100th anniversary of the Belarusian State Medical University ‘Modern technologies in medical education’]. — Minsk, 2021. — P. 1738–1742. [in Russian]
4. Normy radiacionnoj bezopasnosti (NRB-99/2009): Sanitarno-jepidemiologicheskie pravila i normativy [Radiation safety standards (NRB-99/2009): Sanitary and epidemiological rules and regulations]. — Moscow : Federal Centre of Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor, 2009. — 100 p. [in Russian]
5. Obespechenie radiacionnoj bezopasnosti naselenija ot vozdejstvija prirodnih radionuklidov pri stroitel'stve ob'ektov v Permskoj oblasti [Ensuring radiation safety of the population from the impact of natural radionuclides during construction of facilities in Perm Oblast] // Territorial'nye stroitel'nye normy (TSN 22-303-2001) Permskaja oblast' [Territorial Construction Norms (TSN 22-303-2001) Perm Oblast]. — Perm : Administration of Perm Oblast, 2001. [in Russian]
6. Apkin R.N. Issledovanie radona v gorode Kazan' i ego okrestnostyah [Radon research in Kazan and its vicinity] / R.N. Apkin // Aktual'nye tendencii razvitiya fundamental'nyh i prikladnyh nauk na rubezhe XXI veka: monografija [Current trends in the development of fundamental and applied sciences at the turn of the XXI century: a monograph] / Russian State Agrarian Distance Learning University. — Moscow, 2013. — P. 20–32. [in Russian]
7. SARAD GmbH. — URL: <https://www.sarad.de/index.php> (accessed: 15.08.2023).
8. Apkin R.N. Issledovanie radona v Permskom krae [Radon research in Perm Krai] / R.N. Apkin // Jekologicheskoe obrazovanie i jekologicheskaja kul'tura naselenija: materialy V mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii 25–26 fevralja 2017 goda [Environmental education and environmental culture of the population: proceedings of the V International Scientific Conference 25–26 February 2017]. — Praga: Sociosféra-CZ, 2017. — P. 11–16. [in Russian]
9. Utkin V.I. Gazovoe dyhanie Zemli [Gas breathing of the Earth] / V.I. Utkin // Sorosovskij Obrazovatel'nyj Zhurnal [Soros Educational Journal]. — 1997. — № 1. — P. 57–64. [in Russian]
10. Krisjuk Je.M. Radiacionnyj fon pomeshhenij [Radiation background of premises] / Je.M. Krisjuk. — Leningrad : Nedra, 1989. — 404 p. [in Russian]