

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.
2. Лащенко Т., Зозуль Ю. Определение фонового содержания радионуклидов и тяжелых металлов в почве / Атомная энергия, 2006. – Т. 100, вып. 3. – С. 231–237.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПРОЦЕДУР РАДОНОТЕРАПИИ ENSURING RADIATION SAFETY DURING RADON THERAPY PROCEDURES

A. С. Невдах, Т. В. Дашкевич
A. S. Nevdakh, T. V. Dashkevich

¹Белорусский государственный университет, БГУ

²Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ), г. Минск, Республика Беларусь
drns@iseu.by, nastyanevdakh01@bk.ru, dashkevich.tv@gmail.com

¹Belarusian State University, BSU

²International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus

Радонотерапия – это вид медицинского лечения с использованием природного газа радона в определенных количествах для снятия хронической боли и усталости. Лечебные дозировки радоновых процедур должны располагаться в диапазоне между минимально действующей и максимально допустимой. Это необходимо для эффективного лечения и в то же время для обеспечения радиационной безопасности больных. Альфа-излучение оказывает на клетки кожи и других органов прямое действие, а через раздражение рецепторов и передачу сигналов и вторичное, за счет активации центральных звеньев нервной, эндокринной и иммунной систем организма. Индивидуальный контроль доз облучения является обязательным для персонала, контролирующему процедуру. Персонал должен знать и строго соблюдать инструкцию, техники безопасности, нормы радиационной безопасности, пожарной безопасности и производственной санитарии.

Radon therapy is a type of medical treatment using natural radon gas in certain amounts to relieve chronic pain and fatigue. Therapeutic dosages of radon procedures should be in the range between the minimum effective and maximum permissible. This is necessary for effective treatment and at the same time to ensure the radiation safety of patients. Alpha radiation has a direct effect on the cells of the barrier, as well as other organs, and through the irritation of various receptors in these organs also indirectly, due to the activation of the central links of the nervous, endocrine and immune systems. Individual control of radiation doses is mandatory for the personnel supervising the procedure. Personnel must know and strictly follow the instructions, safety regulations, radiation safety standards, fire safety and industrial sanitation.

Ключевые слова: радон, радонотерапия, радиационная безопасность.

Keywords: radon, radon therapy, radiation safety.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2022-2-258-261>

Введение. Изотопы ряда радия в природе распространены повсеместно. В связи с этим радий, радон и его дочерние продукты содержатся в почве, воде и атмосферном воздухе. В больших концентрациях радон содержится в водах ряда радиоактивных целебных источников. Помимо радона, в воде некоторых целебных источников могут выявляться в повышенных концентрациях уран, радий, торий [1].

Изотопы радона и его дочерние продукты в виде радоновых ванн, радоновой воды для питья, воздушно-радоновых смесей для вдыхания, радоновых аппликаторов широко используются в лечебной практике. При радоновых процедурах радон проникает в ткани организма, образуются дочерние продукты распада, также оседающие на кожу больного из лечебной среды (вода или воздух). Лечебное действие радона и его ДПР обусловлено их радиоактивными свойствами, а именно альфа-излучением. Поэтому радоновые процедуры относят к альфа-терапии.

Во время процедуры радон на некоторое время накапливается в кожных покровах, образуя «депо», затем он может переноситься с кровью или диффундировать в другие органы и ткани, одновременно выделяясь через легкие с выдыхаемым воздухом. За время приема ванны, содержащей радон в высоких концентрациях происходит

внешнее облучение тела человека, путем облучения кожи и близлежащих органов. Также важное место имеет облучение не самим радоном, а его ДПР. При питье радоновой воды радон из желудка поступает в окружающие органы, а также в кровь. Период полувыведения составляет 30-50 минут. Индивидуальный контроль доз облучения является обязательным для персонала. Персонал должен быть обеспечен индивидуальными дозиметрами. Индивидуальный контроль за облучением персонала включает: постоянный контроль за дозами облучения персонала; измерение мощности дозы гамма-излучения в воздухе помещений 1 раз в год; измерение объемной активности радона в воздухе рабочих помещений и применяемых природных водах 1 раз в год.

Основная часть. В окружающую среду радон поступает из различных источников. Большая часть выделяется из различных твердых пород в земной коре и переносится к поверхности потоками грунтовых вод. Концентрации радона в воде зависят от концентрации тория, урана, радия и других материнских элементов в горных породах, омываемых ею, коэффициента эманирования, пористости или трещиноватости горных пород и скорости движения воды. Рыхлые или трещиноватые породы характеризуются повышенными концентрациями радона. Количество радона в воде выше количества радия в десятки и сотни раз [2].

Наиболее высокие концентрации радона имеют подземные воды трещиноватой структуры магматических пород. Трещинные воды известняков, песчаников, сланцев обычно имеют концентрацию радона в пределах 10-100 Бк/л. Чем выше к поверхности земли, тем меньше концентрация растворенного радона. Причина этого – переход радона (эманирование) в атмосферный воздух, а также его радиоактивный распад. Наименьшие концентрации радона отмечают в морской воде, что связано, кроме перечисленных причин, еще и с низким содержанием радионуклидов-предшественников. Радиоактивность открытых водоемов суши зависит не только от химического состава пород, но и от типа питания водоема и климатических условий. При грунтовом типе питания радиоактивность воды выше, при поверхностных – ниже [3].

Кристаллические породы обычно имеют более высокие концентрации урана, чем осадочные. Примером пород, которые имеют повышенную концентрацию урана, являются граниты, пегматиты, кислые вулканические породы, а также кислые гнейсы. Только незначительная часть радона, который аккумулируется в воде, накапливается из растворенного в воде радия. Поэтому самые высокие уровни радона в воде встречаются в водах, омывающих кристаллические породы сильной трещиноватости обогащенные радием, а также омывающих пески, в которых произошло переотложение радия, вымытого ранее из кристаллических пород.

В зимний период в воде рек, покрывающихся льдом, радон накапливается в большей степени, чем летом. Кроме того, при повышении температуры растворимость радона в воде уменьшается.

Главный источник поступления радона и его ДПР в организм человека – воздух; второстепенные источники – питьевая вода, радоновые процедуры, применяемые в медицинских учреждениях. Основной путь проникновения в организм – органы дыхания, но в зависимости от обстановки, при приеме радоновых ванн, эту роль может выполнять кожа.

Изотопы радона – α -активные радионуклиды. Их биологическая опасность во много раз превосходит опасность внутреннего облучения β -, γ - излучателями. Положительно заряженные и тяжелые α -частицы при взаимодействии с веществом расходуют свою энергию на ионизацию и возбуждение атомов среды вплоть до полного торможения. В конце пробега, когда скорость частицы падает, отдача энергии частицами максимальна. Высокое содержание радона и его ДПР в воздухе является радиационным фактором возникновения онкологических заболеваний органов дыхания.

Радон легко растворяется в крови, воде и других жидкостях организма, значительно лучше растворяется в жирах, что обуславливает эффективное поглощение его жировыми тканями при поступлении в организм.

Радон – это проблема и исцеление, т.к. он является одновременно и вредным, и полезным элементом, причем в одной и той же сфере – в воздействии излучения на живые организмы.

Учитывая короткий период полураспада, радиобиологический эффект самого радона невелик, действуют в основном его дочерние продукты – радионуклиды полония, висмута и свинца. Проникая в верхние дыхательные пути и оседая в них, они создают локальные очаги облучения клеток.

Первичное взаимодействие излучающего вещества с тканями происходит в результате ионизации атомов и молекул, их возбуждения. Воздействию продуктов радиолитического распада подвергаются нервные рецепторы, иммунные клетки, молекулы нуклеиновых кислот, белковые молекулы и другие соединения и структуры, ответственные за местные и общие реакции организма на действие физико-химических раздражающих агентов. Альфа-излучение оказывает на клетки барьерных, а также других органов прямое действие, а через раздражение различных рецепторов в этих органах также и опосредованное, за счет активации центральных звеньев нервной, эндокринной и иммунной систем. Под влиянием альфа-излучения радона и его ДПР меняется функциональная химическая активность молекул белка, что может приводить к усилению или ослаблению ими рецепции отдельных биогенных аминов, в связи с чем меняется действие этих аминов на различные образования. Уравновешивание нервных процессов, ускорение процессов торможения в центральной нервной системе подтверждены многими клиническими и функциональными методами исследований, свидетельствующими о седативном и болеутоляющем действии радоновых процедур [4].

В санатории «Радон» в качестве источника ионизирующего излучения применяются природные воды, содержащие радионуклиды ^{222}Rn объемной активностью до 2,5 кБк/л. Основным видом радиационного воздействия, которому подвергается персонал при выполнении работ с источником излучения, является общее внешнее облучение всего тела.

Общие принципы обеспечения радиационной безопасности при проведении процедур радонотерапии изложены в документах:

1. СНиП «Требования к радиационной безопасности» и ГН «Критерии оценки радиационного воздействия», утвержденные постановлением Министерства здравоохранения РБ, с дополнением, утвержденным постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28 декабря 2012 №213.

2. СНиП «Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии и источников ионизирующего излучения», утвержденные постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 31.12.2013 №137.

3. СанПиН 2.6.12-6-2005 «Гигиенические требования к устройству, оборудованию и эксплуатации радоновых лабораторий, отделений радонотерапии (радонолечебниц)», утвержденные постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 01.04.2005 №38.

4. Закон Республики Беларусь от 18 июля 2019 г. №198-3 «О радиационной безопасности».

5. Постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 31 мая 2010 г. № 22 об утверждении норм и правил по обеспечению ядерной и радиационной безопасности «Безопасность при обращении с источниками ионизирующего излучения. Общие положения».

6. Постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 16 апреля 2020 г. №18 «Об обучении и проверке (оценки) знаний по вопросам ядерной и радиационной безопасности».

Для работников (персонала) средняя годовая эффективная доза равна 20 мЗв; допустимо облучение в годовой эффективной дозе до 50 мЗв при условии, что средняя годовая эффективная доза, исчисленная за пять последовательных лет, не превысит 20 мЗв. Для женщин в возрасте до 45 лет эквивалентная доза на поверхности нижней части области живота не должна превышать 1 мЗв в месяц, согласно СНиП «Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии и источников, ионизирующего излучения», утвержденные постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 31.12.2013 №137. Общие принципы обеспечения радиационной безопасности при проведении процедур радонотерапии изложены в нормативных документах. При работе с источниками ионизирующего излучения должны проводиться дозиметрический и радиометрический контроль, соблюдаться требования безопасности при работе с источниками ионизирующего излучения [4].

При приеме радоновой ванны радон поступает в организм больного в основном через кожные покровы. Во время процедуры радон на некоторое время скапливается в основном в коже больного, образуя «депо», затем он частично переносится кровью или диффундирует в другие органы. Растворенные в воде ванны продукты распада радона, оседая на коже, образуют на ней так называемый активный налет, величина которого пропорциональна содержанию в воде ДПР и сильно возрастает при движении воды или погруженного в нее тела. Содержание ДПР на коже увеличивается и в зависимости от продолжительности процедуры.

За время приема ванны и в течение нескольких часов по выходе из нее организм больного подвергается облучению за счет распада некоторой части проникшего в организм радона и образующихся из него ДП, а также за счет распада ДП, осевших на поверхности кожи из воды ванны. Накопление радона в организме при этой процедуре происходит интенсивнее у молодых, зависит от пола (у женщин радона накапливается на 60% больше, чем у мужчин), телосложения и ряда других причин).

Воздушные радоновые ванны (ВРВ) обладают теми же полезными свойствами, что и водные радоновые ванны, однако легче переносятся ввиду отсутствия нагрузочного действия воды на сердце. Как показали исследования, при одинаковых концентрациях радона в воде и воздушной смеси поглощенная доза альфа-излучения в ВРВ увеличивается в 4,5 раза, т.е. лечебный эффект радоновых ванн концентрации 8–10 нКи/л (0,38 кБк/л) равноценен эффекту водной радоновой ванны концентрации 40 нКи/л (1,5 кБк/л).

При вдыхании воздушно-радоновой смеси радон проникает в кровь через легкие. ДПР, содержащиеся во вдыхаемом воздухе, частично осаждаются в органах дыхания, где в основном распадаются.

Концентрация радона в крови у человека составляет обычно 0,3–0,45 % от концентрации его во вдыхаемом воздухе.

Период полувыведения радона из организма после вдыхания воздуха с радоном составляет 10–12 мин

При питье радоновой воды радон из желудка диффундирует в окружающие органы, а также всасывается в кровь. С венозной кровью радон поступает в печень, затем в сердце и легкие. При однократном прохождении крови через легкие теряется 2/3 содержащегося в ней радона [4].

С целью снижения уровней облучения пациентов, лиц, обеспечивающих комфорт и уход за пациентами, и лиц, добровольно участвующих в биомедицинских исследованиях, устанавливаются диагностические референтные уровни и граничные дозы. Значения диагностических референтных уровней будут зависеть от типа ситуации медицинского облучения при рентгенологической и радионуклидной диагностике.

При планировании облучения пациентов и оценке соотношения риск-польза необходимо использовать эквивалентную дозу или поглощенную дозу в облучаемых тканях. Эффективная доза может быть использована при сравнении различных диагностических процедур или одних и тех же технологий, и процедур, используемых различными организациями здравоохранения или в разных странах, а также при использовании разных технологий для проведения одного и того же медицинского исследования.

Заключение. Радонотерапия нашла широкое и успешное практическое применение в комплексном лечении распространенных хронических заболеваний соединительной ткани, неврологических расстройств, заболеваний сердца и сосудов, пищеварительной и дыхательной системы, гинекологических и урологических заболеваний и т.д. Основными радиационными факторами на территории и в помещениях санатория «Радон» являются: объемная активность радона в воздухе, удельная активность радона в воде, МЭД внешнего гамма-излучения санаторно-курортной территории.

Оптимизация радиационно-гигиенической обстановки и снижение дозовых нагрузок персонала и пациентов в радоновом санатории достигается путем регуляции, кратности воздухообмена помещений радонолечебницы, а также проведением постоянного мониторинга, учетом доз облучения персонала и пациентов от воздействия комплекса радиационных факторов.

Радонотерапия имеет, как и различные медицинские процедуры, ряд противопоказаний, которые должны учитываться при назначении лечения. Лечебные дозировки радоновых процедур должны располагаться в диапазоне между минимально действующей и максимально допустимой. Это необходимо для эффективного лечения и в то же время для обеспечения радиационной безопасности больных. Согласно принципу обоснования, любое решение, связанное с облучением, должно быть обосновано, то есть приносить больше пользы, чем вреда.

Общие принципы обеспечения радиационной безопасности при проведении процедур радонотерапии изложены в нормативных документах. При работе с источниками ионизирующего излучения должны проводиться дозиметрический и радиометрический контроль, соблюдаться требования безопасности при работе с источниками ионизирующего излучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чудаков, В.А. Радон: учеб. пособие / В.А. Чудаков, Д.И. Лобач. – 2-е изд. – Минск: Юрайт, 2006. – 246 с.
2. Радиохимия: учеб. пособие в 7 т. / И.Н. Бекман. – 2-е изд. – Минск: Издательство Юрайт, 2015. – Т.6. – 400 с.
3. Рихванов, Л.П. Радиоактивные элементы в окружающей среде проблемы радиоэкологии: учеб. пособие / Л.П. Рихванов. – Томск, 2009. – 430 с.
4. Гусаров И.И. Радонотерапия / И.И. Гусаров. – 2-е изд. – М.: Медицина, 2000. – 200 с.

РАДИАЦИОННАЯ СИТУАЦИЯ НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНЫХ СКЛОНОВ ТУРКЕСТАНСКОГО ХРЕБТА RADIATION SITUATION ON THE TERRITORY OF THE NORTHERN SLOPES OF THE TURKESTAN RIDGE

У. Мирсаидов, Х. М. Назаров, Б. Д. Бобоев, Е. Ю. Малышева
U. Mirsaidov, Kh. M. Nazarov, B. D. Boboev, E. Yu. Malysheva

*Агентство по химической, биологической, радиационной
и ядерной безопасности НАН Таджикистана, г. Душанбе, Республика Таджикистан,
holmurod18@mail.ru*

*Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Safety and Security Agency
of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Dushanbe, Republic of Tajikistan,
holmurod18@mail.ru*

Приводятся результаты радиационного мониторинга на территории северных склонов Туркестанского хребта. Показано, что значения суммарной удельной активности почвы, составляет меньше 1 Бк/г. Удельная активность почвы, отобранной на участках улицы Оби Зуллол равна – 0,82 Бк/г, а водосточной канавы села Фирдавси Шахристанского района – 0,78 Бк/г. Наблюдается аномальная удельная активность в пробах под номерами 3-6. Это связано с активностью актиния-227.

The article presents the results of radiation monitoring on the territory of the northern slopes of the Turkestan ridge. It is shown that the total specific activity is less than 1 Bq/g. The specific activities of the soil taken from the sites of Obi Zulol Street is equal to – 0,82 Bq/g, and of the drainage ditch of the Firdavsi village of Shakhristan district – 0,78 Bq/g. Anomalous specific activity is observed in samples numbered 3-6. This is due to the activities of the actinium-227.

Ключевые слова: радиационный фон, почва, проба, анализ, радионуклид, активность, мощность амбиентной дозы, значение.

Keywords: background radiation, soil, sample, analysis, radionuclide, activity, ambient dose rate, value.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2022-2-261-265>