

АЭРОИОНИЗАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ И РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА В ЦХАЛТУБСКОЙ ПЕЩЕРЕ

¹Амиранашвили А.Г., ²Ломинадзе Г.Дж., ¹Меликадзе Г. И.,
²Цикаришвили К.Д., ¹Чихладзе В.А.

¹Институт геофизики им. Михаила Нодиа, 0193, Тбилиси, ул. М.Алексидзе, 1,
Avto_Amiranashvili@Excite.com

²Институт географии им. Вахушти Багратиони,
0193, Тбилиси, ул. М.Алексидзе, 8

В последнее время интерес к радиационной обстановке окружающей среды в целом, и мест постоянного или временного обитания человека в частности, значительно возрос. В некоторой степени это коснулось и пещер. В связи с этим спелеологам, обслуживающему персоналу пещер, используемых в туристических и лечебных целях, а также всем любителям пещер весьма важна информация о радиационной обстановке в них.

В 70-х годах во многих карстовых полостях США был выявлен повышенный уровень альфа-радиации, что побудило Службу национальных парков осуществить долговременную специальную программу по изучению и мониторингу пещерной радиации. В результате были выявлены ее главные особенности пространственного и временного распределения. В частности, было установлено, что основной закономерностью пространственного распределения альфа-радиации является то, что ее уровень, при прочих равных условиях, контролируется, главным образом, особенностями воздушной циркуляции в карстовой системе. То есть альфа-радиация связана с комплексом факторов, определяющих микроклимат пещеры. Наиболее общей тенденцией временной изменчивости уровня альфа-радиации в пещерах является ее повышение в летний период и уменьшение – в зимний, что обусловлено сезонным характером циркуляции пещерного воздуха [1,2].

Выяснилось, что часть обследованных на радон пещер в радиационном отношении оказалась далеко небезопасной (согласно [5] ПДК радона в воздухе рабочих помещений составляет 1200 Бк/м³). Причем, в плане риска для здоровья человека главную опасность представляет не столько сам радон, сколько его дочерние продукты, вдыхаемые человеком и оседающие в легких. Известно, что повышенная концентрация дочерних продуктов радона повышает риск заболевания раком легких, а также раком крови. В то же время радон обладает полезными терапевтическими свойствами, в связи с чем вполне возможно использование пещер в лечебных целях, используя соответственные меры радиационной безопасности. Повышенные концентрации радона приводят к усилению ионизации воздуха и, соответственно, к увеличению содержания в пещерах легких ионов, имеющих также полезное воздействие на здоровье человека.

В настоящее время лечение в микроклимате природных пещер имеет широкое применение во всем мире (США, Германия, Венгрия, Австрия, Польша, Болгария, Румыния и другие страны) [3].

Радоновая терапия эффективна в основном при лечении заболеваний опорно-двигательного аппарата: артриты, артрозы, дегенеративные и воспалительные заболевания позвоночника, остеопороз, последствия спортивных травм. Также радоновая терапия показана при радикулитах, заболеваниях дыхательных путей, при заболеваниях, связанных с понижением иммунитета. Радоновые ванны и ингаляции оказывают положительный эффект при нарушении эндокринной системы, заболеваниях вен.

Курсы радоновой терапии проводятся либо в радоновой штольне – подземной пещере с естественно высокой активностью радона в воздухе при повышенной температуре и влажности – либо в процедурном кабинете в ванне, содержащей высокоактивный водный раствор радона при температуре около 34°C. Как правило, ингаляционные процедуры совмещают с воздушными радоновыми ваннами, их продолжительность не превышает получаса.

После погружения в радоновую среду (жидкую или газообразную), в результате молекулярной диффузии через кожу, радон проникает внутрь организма, достигая равновесного насыщения. В результате естественного радиоактивного распада ядро радона, излучая альфа-частицы, образует цепочку короткоживущих дочерних продуктов, которые также при распаде испускают еще две альфа-частицы. Альфа-излучение радона и его дочерних продуктов, создавая высокую плотность ионизации молекул внутренних органов пациента, служит источником раздражения нервных рецепторов, мобилизации защитных функций организма. После прекращения процедуры, через 20–30 мин радон также путем диффузии выводится из организма и через 3 часа удаляется полностью, при этом распадаются практически все его дочерние продукты.

Ингаляции и радоновые ванны в силу кратковременного воздействия создают мало значимые дозы облучения пациентов. В то же время в зависимости от технологии подготовки радоновых процедур, технической обеспеченности их безопасного проведения, а также соблюдения элементарных правил безопасности, обслуживающий персонал может быть подвержен такому же, как и пациент, а иногда и больше, радиационному воздействию. Однако, в отличие от пациентов, некоторые работники санаторно-курортных комплексов подвергаются такому воздействию на протяжении всей трудовой жизни. Учитывая дополнительную радиационную нагрузку на персонал, связанную с ожидаемо высоким содержанием урана в породообразующих грунтах курортного региона и повышенным радоновым фоном в месте проживания, суммарная доза облучения работника может значительно превышать нормативные значения, установленные в «Нормах радиационной безопасности (НРБ-99)» [1,2,5,6].

Профилактической и гигиенической считается концентрация легких ионов от 10^3 до 10^4 в см^3 , соответствующая их содержанию в чистом воздухе. Содержание ионов выше $5 \cdot 10^4$ в см^3 негативно влияет на здоровье человека [5,6]. Влияние аэроионов на человека многосторонне, оно зависит от полярности аэроионов. Например, при недостаточной и избыточной концентрациях аэроионов оно может быть неблагоприятным, а при оптимальных концентрациях ионов отрицательной полярности – стимулирующим. Зонами, воспринимаящими аэроионы в организме, являются органы дыхания и кожа.

Основными механизмами ответных реакций организма на воздействие аэроионов являются нервно-рефлекторный, электрогуморальный, адаптационный и катализирующий.

Аэроионы позволяют снижать утомляемость, усталость, восстанавливать силы. Все это способствует улучшению работоспособности, усиливает иммунитет и резко сокращает заболеваемость. Благотворное влияние оказывают аэроионы как на растущий, так и на стареющий организм. Аэроионы вместе с вдыхаемым воздухом проникают в кровь, которая разносит их по всему организму. Для лечения некоторых заболеваний (бронхиальная астма, гипертония, болезни крови, легких, нервной системы и др.) аэроионы являются достаточно действенным средством. Ионизированный воздух является также мощным профилактическим и стимулирующим фактором.

Ионизация успешно используется при лечении многих заболеваний: болезни сердечно-сосудистой системы, гипертония, стенокардия, бронхопневмония, туберкулез легких, заболевания верхних дыхательных путей (ринит, фарингит, ларингит, трахеит, бронхиты), заболевания нервной системы, пояснично-крестцовый радикулит, язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, бессонница, мигрени, чувствительность к климатическим и сезонным факторам погоды, заболевания эндокринных желез, нарушения половой функции, параметриты, эндометриты, болезни обмена веществ, аллергические заболевания, бронхиальная астма, ревматизм, глазные заболевания (кератиты, блефариты, конъюнктивиты), кожные заболевания (фурункулез, карбункулы, абсцессы, экземы), язвы, ожоги, быстрая утомляемость, раздражительность, пониженное внимание. Ионизированный воздух нормализует функциональное состояние центральной и периферической нервной системы, а также состав и физико-химические свойства крови. Применение отрицательных аэроионов улучшает легочную вентиляцию, увеличивает потребление кислорода и выделение углекислоты, усиливает окислительно-восстановительные процессы в тканях. Отмечено стимулирующее действие аэроионов на белковый, углеводный и водный обмены, синтез витаминов (особенно группы В), стабилизирующее влияние на уровень кальция и фосфора в организме, на концентрацию сахара в крови. При аэроионизации нормализуется артериальное давление, стимулируются защитные силы организма, повышается устойчивость к охлаждению, недостатку кислорода, инфекциям и аллергиям. Присутствие в воздухе аэроионов ускоряет заживление ран, ожогов. Ионизация воздуха улучшает общее самочувствие, снижает физическую и умственную усталость, оказывает успокаивающее действие [7].

Исследованию пещер в Грузии всегда уделялось особое внимание. На Южном склоне Большого Кавказа в пределах Грузии простирается горно-холмистая известняковая полоса, длиной 325 км, расчлененная транзитными речными ущельями (Бзыбь, Ингури, Цхенисцхали, Техури, Риони и др.) на обособленные карстовые массивы (Арабика, Юзыбский массив, Мингария, Асхи, Рачинский и др.). Среди них в последнее время особое внимание привлекает Цхалтубский массив, расположенный в междуречье Цхенисцхали-Риони – район исключительно интенсивного развития карстовых явлений.

Цхалтубская пещера расположена на расстоянии 6 км к северо-востоку от курорта Цхалтубо, на высоте 140 м над уровнем моря. Открыта в 1984 году экспедиционным отрядом Института географии им. Вахушти Багратиони в составе Джишкарариани Д. (руководитель), Джавришвили А., Капанадзе В., Кобулашвили Т., Нижарадзе В. С тех пор в пещере были начаты комплексные спелеологические, географо-геологические, микроклиматические, геофизические исследования. Начаты также работы по благоустройству пещеры [8].

Для нее характерны просторные (14-35 м) и высокие (7-25м) подземные залы, возникшие в результате разрушительных подвижек, а также узкие меандровые проходы, сухие и водные сифоны, эвронные ямы.

Пещера выработана в массивных известняках Баррема. Ее возникновение и развитие тесно связано с воздействием напорных вод.

В начальном отрезке пещеры, как и в других частях, привлекают внимание обвалившиеся породы, в том числе гигантские известняковые глыбы; на среднем участке отмечается также обнажение плотных глин. При этом представлены все генетические типы субтерральных осадков. Обилием и многообразием однородных осадков она может поспорить со всемирно известной Новоафонской пещерой.

На конечном участке основной магистрали протекает подземная река с нестабильным дебитом (60-8000 л/сек). Поступление водного потока в пещеру происходит из расположенной в 500 м от нее на северо-востоке, пещеры-эстабелы Опичо.

С помощью аквалангов была произведена съемка ранее неизвестных и наполненных водой подземных коридоров: Опичо (3 800 м), Глиана (1 200 м), Дидгеле (250 м) и др. На сегодняшний день суммарная длина обследованной Цхалтубской пещерной системы превысила 15 км. В пределах села Кумистави еще остались неисследованные пещеры, которые находятся в непосредственной связи с вышеописанной пещерной системой.

К сожалению известные события последних 15 лет в Грузии значительно замедлили темп этих исследований. Многие исследования из-за недостатка финансирования (в том числе и радиационные) проводились и проводятся эпизодически. Тем не менее, к настоящему времени получены данные, которые дают определенное представление об основных спелеологических характеристиках пещеры, плотностных, прочностных, упруго-деформационных свойствах горных пород, микроклиматических параметрах, газовом составе воздуха, бактериологическом состоянии пещерного воздуха, почвы и воды, естественной радиоактивности, ионизации и др. Возобновлены работы по освещению, а также благоустройству пещеры и прилегающей к ней местности (см. фото).



Один из залов Цхалтубской пещеры

Настоящая работа является продолжением предыдущих исследований в части изучения радиационных свойств пещеры. Измерения проводились летом и весной 2007-2008 гг. Содержание радона измерялось с помощью радиометра PPA-01M-01 "Альфарад" Российского производства, гамма-радиационный фон определялся дозиметром-радиометром типа МКС-АТ1117М производства Белоруссии, концентрация легких ионов измерялась портативным счетчиком аэроионов производства США. Места измерений представлены на рис. 1. Данные измерений представлены в табл.

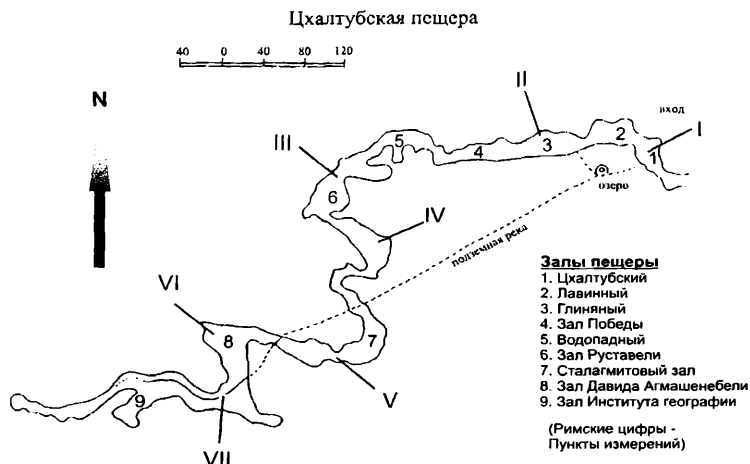


Рис. 1

Концентрация радона, гамма-радиация и содержание легких аэроионов
в Цхалтубской пещере

Табл.

Дата измерения	№ пункта измерения	Радон-222 Бк/м ³	Гамма-радиация, нЗв/час	Содержание легких ионов, см ⁻³	
				Положительные	Отрицательные
12.08.2007	II	6905	70	70000	65000
23.04.2008	I	1466	118	40000	42000
-	II	3410	78	42000	43000
-	III	2906	58	36000	38000
-	IV	1814	45	28000	30000
-	V	876	86	23000	23000
-	VI	642	107	18000	20000
-	VII	307	133	16000	16000

Как следует из табл., концентрация радона в различных залах пещеры меняется от 307 до 6905 Бк/м³, гамма-радиационный фон от 45 до 133 нЗв/час, суммарное содержание аэроионов от 32000 до 135000 ионов/см³. Как и следовало ожидать, содержание радона и аэроионов имеет значительную пространственно-временную неоднородность. Так, например, измерения в пункте № 2 показали, что летом 2007 года концентрация радона была более чем в 2 раза выше, чем весной 2008 года.

Суммарное содержание аэроионов летом 2007 года в том же пункте измерения было в 1,59 раз выше, чем в 2008 г. Что касается гамма-радиационного фона, то данные измерений отличаются незначительно (около 10 %). По всей видимости существенная разница в содержании радона и аэроионов в указанные сроки наблюдений обусловлена тем, что в летний период 2007 года стены пещеры были значительно менее влажные, чем весной 2008 года. Это способствовало эмиграции радона из стен пещеры. Не исключена и роль циркуляции воздуха в пещере.

Концентрация легких ионов в пещере слабо зависит от гамма-радиационного фона и напрямую связана с содержанием радона. На рис. 2 приведена прямая корреляционная и регрессионная связь между концентрациями радона и суммарным содержанием легких аэроионов в пещере. На этом же рисунке представлены значения коэффициентов линейной корреляции и уравнения регрессии между исследуемыми параметрами.

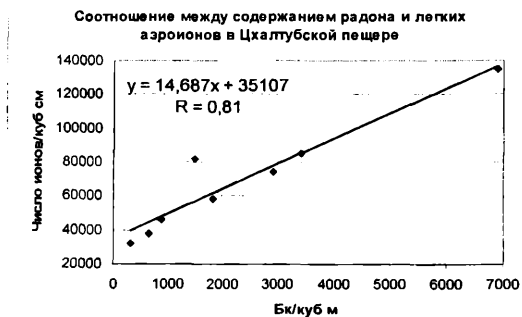


Рис. 2

Отметим, что по нашим ранним исследованиям в Новоафонской пещере концентрация радона в различных залах колебалась от 67 до 3045 Бк/м³, в Цхалтубской от 555 до 3885 Бк/м³ [8,9]. Измерения, проведенные нами в 2007 году в пещере Сагалия, показали, что содержание в ней радона составляет 960 Бк/м³.

В большинстве пещер Южного Урала и Предуралья зафиксированные значения гамма-фона, колеблются от 26 до 88 нЗв/час. Обычно они составляют – 44-53 нЗв/час и являются фоновыми для мест расположения самих пещер. Между тем в 18-ти пещерах, причем независимо от их принадлежности к какому-либо стратиграфическому подразделению, карстово-спелеологической провинции или области, отмечена повышенная степень радиоактивности. А именно: в 10-ти пещерах гамма-фон достигал 132, в 4-х – 176, в 2-х – 220, в одной – 264 и в пещере Ледяная-Липовая – 282 нЗв/час. Причем, в последней показания радиометра нигде не опускались ниже 220 нЗв/час. Эти радиоактивные "аномалии" связывали со скоплением в пещерах органических остатков и наличием в них относительно мощных толщ глинистых отложений. Пещеры, в которых отмечены "аномалии" гамма-фона, являются наиболее статичными в микроклиматическом отношении в сравнении с пещерами, в которых значение гамма-фона не превышает нормы. При этом в рядом располагающихся пещерах более высокий гамма-фон всегда, при прочих равных условиях, фиксируется в более статичных пещерах. В пещере Геофизическая (Хребет Кугитангтау, Туркменистан) концентрация радона составила 14500-69110 Бк/м³, а уровни гамма-фона соответственно колебались в пределах от 150 до 1311 нЗв/час. Содержание радона в различные сезоны года в 5 гротах Кунгурской ледяной пещеры (Пермский край) варьирует от 234 до 12280 Бк/м³. В различных залах Воронцовской пещеры (Сочи) содержание радона колебалось от 20 до 5900 Бк/м³. Средний радиационный фон Воронцовской пещеры по полостям составляет 35 нЗв/час и колеблется от 26 до 70 нЗв/час. Наибольший фон наблюдается в полостях, заполненных отложениями пещерного туфа (70 нЗв/час), наименьший (не более 26 нЗв/час) - в полостях, выложенных известняком. В пещерах массива Кыртау (Узбекистан) среднее содержание радона составляло 854 Бк/м³. В Большой Азшиской пещере (Северный Кавказ) концентрация радона колебалась от 77 до 1080 Бк/м³, а в пещерах массива

Арабика (Западный Кавказ) – до 1628 Бк/м³. Содержание радона в пещере Мраморная (Крым) составляло 155-39300 Бк/м³[1, 2, 10-12].

Таким образом данные, полученные нами, вполне сопоставимы с аналогичными результатами других авторов, и подтверждают общую для всех пещер закономерность существенных пространственно-временных неоднородностей содержания в них радона. Что касается аэроионов, то работ других авторов по этому вопросу весьма мало.

Несмотря на незначительное количество измерений можно сделать вывод о том, что необходим регулярный контроль (мониторинг) радиационной обстановки в пещере, учитывая то, что в отдельных ее залах наблюдаются существенно повышенные (выше ПДК) концентрации как радона, так и легких аэроионов.

Работа выполнена при поддержке грантов STCU N 3992 и GNSF N 074.

Литература

1. Наседкин В.М., Климчук А.Б. Воздушна альфа-радиация в пещерах: состояние проблемы, Вестник Киевского карстолого-спелеологического центра, № 1, Киев, изд. Свет, 1991, с. 9-13.
2. Климчук А.Б., Наседкин В.М. - Радон в пещерах СНГ, Вестник Киевского карстолого-спелеологического центра, № 4 (6), Киев, изд. Свет1992, с. 21-35.
3. http://www.centralhospital.ru/ind01gl_forum11.html
4. <http://www.kved.ru/php/content.php?id=1529>
5. СП-2.6.1-758-99 - Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). Гигиенические нормативы, Центр санитарно-эпидемиологического нормирования, гигиенической сертификации и экспертизы Минздрава России, М., 1999, 116, (in Russian).
6. Крутиков В.Н., Брегадзе Ю.И., Круглов А.Б. – Контроль физических факторов окружающей среды, опасных для человека, М., ИПК изд. Стандартов, 2003.
7. <http://kvn.plazon.ru/living.htm>
8. Амираншвили А., Джишкариани Д., Нодия А., Таташидзе З., Сепиашвили Р. – Содержание аэроионов и естественная радиоактивность воздуха в Цхалтубской пещере, АН Грузии, Тбилиси, 1994, 53 с.
9. Балабуев А.Г., Нодия А.Г., Амираншвили А.Г., Балавадзе А.Ш., Тинтилозов З.К. – Ионизационное состояние и естественная радиоактивность воздуха в Ново-Афонской пещере, Матер. Докл. 2-го Респ. Семинара по некоторым вопросам физики земли, атмосферы, ионосферы и космических лучей, Тбилиси, 28-30 декабря 1977, с. 50-50.
10. <http://www.permecology.ru/report2006/17.html>
11. <http://asf.ural.ru/VNKSf/Tezis/v7/Base/Tesis.php-Code=490.htm>
12. Лавинский Ю.Г., Громов А.В. - Воронцовская система пещер как полигон радоновых исследований, сб. «Пещеры», Пермь, 2004, с 42-48.

წყალტუბოს მღვიმეში ჰაერის იონიზაციური მდგომარეობა და რადიაციული ვითარება

ამირანაშვილი ა., ლომინაძე გ., მელიქაძე გ.,
წიქარიშვილი კ., ჩხეიძე ვ.

რეზიუმე

წარმოდგენილია მონაცემები წყალტუბოს მღვიმეში რადონის, მსუბუქი აეროიონების შემცველობისა და გამა-რადიაციული ფონის შესახებ. სხვადასხვა დარბაზში რადონის კონცენტრაცია იცვლება 307 დან 6905 ბკ/მ³-მდე, გამა-რადიაციული ფონი 45 დან 133 ნზე/სთ, ხოლო აეროიონების ჯამური შემადგენლობა 32000 დან 135000 იონი/სმ³-მდე.

АЭРОИОНИЗАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ И РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА В ЦХАЛТУБСКОЙ ПЕЩЕРЕ

**Амиранашвили А.Г., Ломинадзе Г.Дж., Меликадзе Г. И.,
Цикаришвили К.Д., Чихладзе В.А.**

Реферат

Представлены данные о содержании в Цхалтубской пещере радона, легких аэроионов и значениях гамма-радиационного фона. Концентрация радона в различных залах пещеры меняется от 307 до 6905 Бк/м³, гамма-радиационный фон от 45 до 133 нЗв/час, суммарное содержание аэроионов от 32000 до 135000 ионов/см³.

**AERO- IONIZING STATE AND RADIOLOGICAL SITUATION IN THE
TSKHALTUBO CAVE**

**Amiranashvili A., Lominadze G., Melikadze G.,
Tsikarishvili, Chikhladze V.**

Abstract

The data about content of radon, small aero- ions and values of gamma-radiation in Tskaltubo cave are represented. Radon concentration in different halls of cave changes from 307 to 6905 Bq/m³, gamma-radiations from 45 to 133 nSv/h, summary content of aero-ions from 32000 to 135000 ions/cm³.