

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

© А.А.Фейзуллаев, Ч.С.Алиев, Р.Дж.Багирли, Ф.Ф.Махмудова, 2015

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УРОВНЯ КОНЦЕНТРАЦИИ РАДОНА
В ТЕРМАЛЬНЫХ ВОДАХ ТАЛЫША (АЗЕРБАЙДЖАН)

А.А.Фейзуллаев, Ч.С.Алиев, Р.Дж.Багирли, Ф.Ф.Махмудова

*Институт геологии и геофизики НАН Азербайджана
AZ1143, Баку, просп. Г.Джавида, 119*

В статье приводятся результаты впервые выполненной оценки уровня радона в термальных водах Талышского региона. Исследование 9 естественных выходов воды в 7 термальных источниках позволило установить изменение значений радона в очень широких пределах – от 3,73 до 93,3 Бк/л, что характерно для грунтовых вод. Источники классифицируются как слаборадоновые. Отмечается зависимость содержания радона от газового состава/газонасыщенности воды: относительно низкие содержания радона характерны для азотных, наиболее высокие – углекислых и промежуточные значения – метановых вод. Расчетная глубина водоносных горизонтов не превышает 2,4 км. По санитарно-гигиеническим нормам содержания радона термальные воды Талыша не представляют опасности для здоровья населения при приеме ванн и использовании в качестве питьевой воды, за исключением источника Бюлюдюл в Ярдымлинском районе. В воде этого источника содержание радона более чем в 1,5 раза превышает предельно-допустимую концентрацию, принятую для питьевой воды.

Введение

Радон — самый тяжелый радиоактивный элемент нулевой (VIIIА) группы периодической системы. Все изотопы радона радиоактивны и довольно быстро распадаются: самый устойчивый изотоп ^{222}Rn , образующийся при делении ядер ^{238}U , имеет период полураспада 3,8 сут., а второй по устойчивости ^{220}Rn (торон), образующийся при делении ядер ^{232}Th , – 55,6 с.

В зависимости от геологических и гидро-геологических условий в подземной среде формируется широкий спектр концентрации радона. Наряду с районами с пониженными фоновыми концентрациями радона в водах, существуют территории с весьма высокими его содержаниями. Такие территории обнаружены в Бразилии, Индии, Канаде. Родники с высокими концентрациями радона известны в Иране. Повышенными фоновыми концентрациями радона характеризуются Скандинавские страны. Многочисленные зоны с высокой концентрацией радона в водах выявлены в США. Зоны с концентрацией радона в воде в 300–400 Бк/л обнаружены в России.

В Азербайджане исследования содержания радона в подземных водах практически не проводились. Из литературы известны лишь упоминания о радоновых водах в Шамахинском

районе (источник «Мыльные воды» в Чухурюрде). Такое положение дел было связано главным образом с отсутствием необходимой аналитической аппаратуры для измерения радона в воде непосредственно в месте его выхода на поверхность. В последние годы в рамках грантовых проектов Институтом геологии и геофизики НАНА была приобретена необходимая современная техника, впервые опробованная в 2014 г. на примере термальных источников Талыша. Результаты этих исследований приводятся в данной статье.

Методика исследований

Определение концентрации радона в образцах воды осуществлялось с помощью радонметра RAD-7 с диапазоном измерений 4–400000 Бк/м³. Для измерения содержания радона проба воды отбиралась в сосуд объемом 250 мл. Во избежание ошибок в измерении содержания радона в воде отбор образца воды осуществлялся так, чтобы он не контактировал с воздухом. Отобранные пробы воды с помощью насоса в течение пяти минут подвергались процессу аэрирования, что способствовало выделению более 95% содержащегося в образце воды радона, который затем доставлялся в RAD-7. Через 30 минут по-

сле запуска RAD-7 автоматически на основании результатов четырех 5-минутных циклов замеров определял среднее содержание радона.

Гидрогеологическая характеристика района исследования

Минеральные и термальные источники можно рассматривать как месторождения полезных ископаемых, воды которых формируются в различных геологических условиях, определяя многообразие их химического и газового состава, а также температуры воды.

Талышский регион занимает самую крайнюю ЮВ часть Азербайджанской республики и орографически делится на Лянкяранскую низменность и Талышскую складчатую зону. Лянкяранская низменность представляет собой наклонную равнину, значительная часть которой имеет отрицательные гипсометрические отметки. В тектоническом строении Талышской зоны выделяются Астаринский и Буроварский антиклинории, сложенные преимущественно эоценовыми вулканогенными комплексами, а также Лерикский, Ярдымлинский и Джалилабадский синклинории, представленные олигоцен-миоценовыми комплексами (рис. 1).

Минеральные воды Талыша характеризуются большим разнообразием условий формирования и, соответственно, ионно-солевого состава, степени минерализации, температуры, ресурсов. Благодаря расположению Талыша на границе Малокавказско-Эльбурской системы с Куринско-Южно-Каспийским прогибом, минеральные источники этой части Азербайджана по своему характеру отражают переход от вод, типичных для Малого Кавказа, к водам, свойственным Куринскому прогибу. Согласно М.А.Кашкаю (1952), наблюдается зависимость физико-химических свойств вод минеральных источников от геолого-гидрогеологических условий. Так, в областях развития более молодых осадочных отложений распространены преимущественно гидросульфидные воды, а в областях, где развиты вулканогенные породы, воды в основном углекисло-щелочные.

По геотермическим условиям Талыш характеризуется аномальным тепловым режимом, обусловленным его геолого-структурными особенностями и молодыми вулканическими процессами. Здесь имеется свыше 30 групп источников, куда входят Астаринские, Лянкяранские и Масаллинские (Аркеванские) группы источников (Кашкай, 1952; Аскеров 1954; Бабаев, 2000).

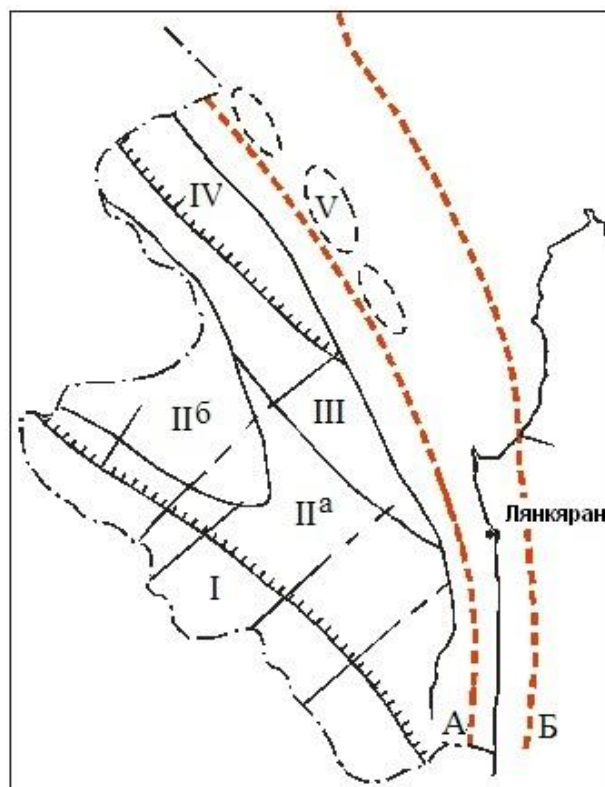


Рис. 1. Схема тектонического районирования Талышского региона:

I – Астаринский антиклинорий; IIa – Лерикский синклинорий; IIб – Ярдымлинский синклинорий; III – Буроварский антиклинорий; IV – Джалилабадский синклинорий; V – Южно-Муганское поднятие; А – Предталышский разлом; Б – Западно-Каспийский разлом

В Астаринском антиклинории к различным тектоническим нарушениям приурочено более 30 выходов минеральных вод (МВ) (включая исследованный источник *Алаша-Истису*). Общий дебит источников, температура которых изменяется в пределах 12,4-50°C, составляет 3,5 млн. л/сут.

Месторождение МВ *Алаша-Истису* расположено вблизи границы с Ираном в долине небольшой речки Истисучай, в 9 км к западу от г. Астара. В районе месторождения развиты породы палеогена (преимущественно эоцена), представленные как вулканогенными породами (базальты, андезиты и тешениты), так и туфо-генно-осадочными песчаниками, алевритами и аргиллитами. Здесь выявлено 16 источников, из которых 6 каптированы. Общий суточный дебит источников – около 1 млн. литров, а температура воды изменяется в пределах 32-48,5°C (Бабаев, 2000). В день нашего измерения температура была выше и равнялась 51,4-52,0°C.

В *Лерикском синклинии* к различным тектоническим нарушениям в отложениях эоцена приурочено около 80 выходов МВ (включая исследованный источник *Бюлюдюл*) с общим дебитом воды более 8 млн. л/сут. и температурой воды 13-47,3°C.

Месторождение МВ *Бюлюдюл* находится в лесу на расстоянии 1 км от одноименного села. Здесь зафиксировано 2 естественных выхода, расположенных на левом берегу реки Алар на расстоянии 2,5 м друг от друга. Эти единственные во всем Талышском регионе МВ, насыщенные углекислым газом (82-90%), приурочены к туфогенно-осадочным и вулканогенным породам эоцена. Температура воды достигает 13,1-13,4°C, общий дебит составляет около 200000 л/сут.

В *Буроварском антиклинории* к различным тектоническим нарушениям в алеврито-песчаном горизонте верхнего эоцена приурочено более 40 выходов МВ (включая исследованные источники *Донузутен* и *Готурсу-Янардаг*) с суммарным дебитом воды около 8 млн. л/сут. и температурами воды 16-61,1°C.

Месторождение МВ *Донузутен* (лечеб. источник Истису-Масаллы, транспортируемый по трубопроводу), расположенное на правом берегу р. Виляшчай, сложено толщей верхнеэоценовых плотных туфопесчаников и темных аргиллитов, смятых в складки. Выходы МВ приурочены к небольшому сбросу (с амплитудой 2 м) и системе трещин, которые сопровождаются выделением газа (метана) и пара. Температура воды достигает 61-64°C. Температура воды на источнике Истису, поставляемой по трубопроводу, существенно ниже и равна 46,1°C. Суточный дебит воды составляет 1600000 литров.

Месторождение МВ *Готурсу-Янардаг* расположено на правом берегу р. Виляшчай, где среди речных валунов отмечено более 20 выходов воды, обильно выделяющих газ (метан). Газ, выделяющийся из двух основных выходов, при поднесении к нему огня легко воспламеняется и горит голубоватым пламенем, в связи с чем среди населения этот источник известен как «Янардаг» («Горящая гора»). Эти выходы МВ относятся к самым высокотемпературным в Азербайджане (Бабаев, 2000), температура воды изменяется в пределах 63,9-66,1°C при суммарном дебите воды около 4 млн. л/сут.

Результаты исследований

В общей сложности уровень интегральной радиоактивности и содержание радона в воде было изучено в 9 поверхностных проявлениях 7 термальных источников Талыша, расположенных в пределах Массаллинского, Ярдымлинского, Лерик-Лянкяранского и Астаринского районов. Результаты выполненных измерений приводятся в табл. 1.

Обсуждение результатов

Содержание радона в природных водах колеблется в широких пределах. В обычных питьевых и речных водах содержится около 3,7 Бк/л, в морской воде – 1,11 Бк/л. Концентрация 0,37 Бк/л характерна для озер и рек, концентрация 3,7-370 Бк/л — для грунтовых вод. Концентрацию порядка 37 Бк/л часто определяют в водопроводной воде из артезианских скважин. Однако в водах некоторых артезианских скважин, минеральных и термальных источников концентрации радона бывают высокими (Радон, http://profbeckman.narod.ru/RH0.files/10_2.pdf).

Впервые осуществленная оценка содержания радона в термальных водах Талыша показала, что его значения изменяются в широких пределах – от 0,83 до 93,3 Бк/л, которые хорошо согласуются с приведенными выше данными, характерными для грунтовых вод.

Факторы, определяющие уровень концентрации радона в воде

Эманирование – выделение радона породами, содержащими материнский элемент, зависит от температуры, влажности, литологии и структуры породы и меняется в больших пределах. Самостоятельная миграция радона возможна на незначительные расстояния, более интенсивный вынос его на значительные дистанции осуществляется по высокопроницаемым зонам (разломам, тектоническим нарушениям) в растворенном в воде состоянии или в смеси газов.

Важно отметить, что ранее для другого радиогенного газа минеральных источников Азербайджана – гелия была установлена зависимость его концентрации от газового состава вод (рис.2А) (Фейзуллаев, Гулиев, 1977).

Таблица 1

Уровень интегральной радиоактивности, содержание радона и температура в термальных источниках Талыша (на июнь 2014 г.)

№	Источник	Координаты	Интегр. радиоактивность, мкР/час	Т, °С	Радон, Бк/л		
					Макс.	Мин.	Сред.
1	Истису (Масаллы) – вне очага	N 38,96815° E 48,54462°	10-12	46,1	3,73	0,834	2,62
2	Донузутен (Масаллы)	N 38,96621° E 48,54346°	-	61	7,51	2,99	5,95
3	<u>Алаша-Истису (Астара):</u> а) у выхода	N 38,45085° E 48,76605°	12	51,4	8,64	8,35	8,50
	б) очаг (скважина)	N 38,45132° E 48,76212°	15	52,0	11,3	8,69	9,46
4	Янарбулаг (Астара) – вне очага	N 38,49197° E 48,83166°	7-8	16,4	11,6	9,01	10,1
5	Истису–санаторий (Лян-кяран – Лерик)	N 38,76680° E 48,75895°	8-10	39,5	17,3	11,2	14,2
6	Готурсу-Янардаг (Масаллы)	N 38,96174° E 48,53035°	8-10	63,9	20,3	6,26	13,9
7	<u>Бюлюдюл (Ярдымлы):</u> а) нижний выход	N 38,82759° E 48,31700°	не измер.	не измер.	72,1	62,6	66,6
	б) очаг	N 38,82684° E 48,31712°	17-18	не измер.	93,3	86,1	90,6

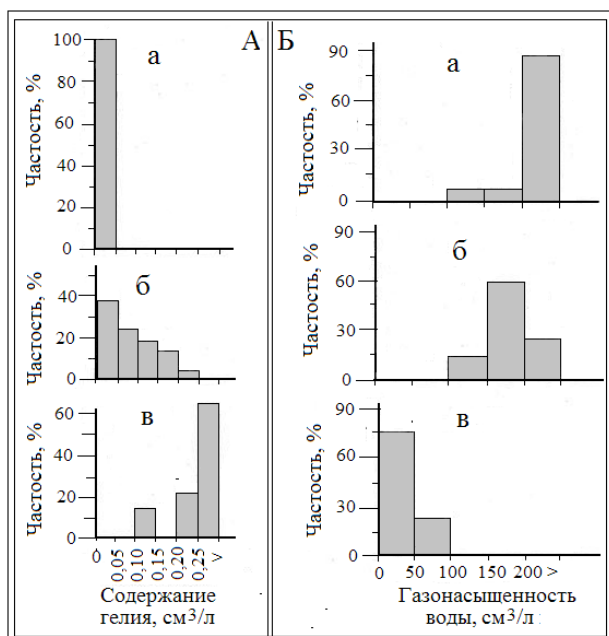


Рис. 2. Гистограммы распределения значений содержания газа (см³/л) (А) и газонасыщенности вод минеральных и термальных источников (Б) Азербайджана: а – азотные воды; б – метановые; в – углекислые

Для объективной оценки зависимости концентрации радона, растворенного в термальных водах Талыша, от состава газа объем данных не является статистически значимым. Тем не менее, проведенный анализ дает основание утверждать о наличии определенной корреляции между этими параметрами в исследованных источниках Талыша. Самая высокая концентрация радона была установлена в воде, насыщенной углекислым газом (источник Бюлюдюл, Лерикский синклиний), а самые низкие его концентрации – в воде, содержащей азот (например, источник Алаша, Астаринский антиклинорий). Для метановых источников более характерны средние концентрации радона (например, источник Готурсу-Янардаг, Буроварский антиклинорий). Этот факт можно объяснить:

во-первых, различной газонасыщенностью вод: азотные воды, как правило, характеризуются наименьшей газонасыщенностью, метановые воды – средней и углекислые воды – наибольшей газонасыщенностью. Для минеральных и термальных вод Азербайджана максимальные

значения этого параметра достигают соответственно 90 см³/л, 300 см³/л и 10 000 см³/л (рис. 2Б) (Гулиев, Фейзуллаев, 1977);

во-вторых, тем, что как гелий, так и радон присутствуют в газовой смеси в виде микроконцентраций и, естественно, интенсивность их выноса на поверхность определяется интенсивностью потока основных газовых компонентов (CO₂, CH₄ или N₂), являющихся для них транспортером (носителем).

Уровень концентрации радона играет заметную роль в формировании интегральной радиоактивности воды, поскольку выявлена тенденция прямой зависимости между этими двумя параметрами (рис. 3).

Представляет интерес также выявленная тенденция увеличения концентрации радона с увеличением температуры воды (рис. 4). Эта зависимость более контрастна и объективна в случае проведения замеров непосредственно в месте природного выхода воды, а не в месте искусственно созданного выхода путем транспортировки по трубопроводу, что сопровождается тепловыми потерями и в большей мере потерями радона (см. рис. 4).

О глубине источника радоновой воды

Дальность миграции радона определяется его периодом полураспада. Поскольку этот период не очень велик, дальность миграции радона не может быть большой. Как правило, радон мигрирует в водной среде, и поэтому представляет интерес оценка глубины источника воды.

На сегодняшний день нет четких критериев количественной оценки глубины очага воды. Учитывая, что температура недр увеличивается с глубиной, температура воды источника в определенной мере может использоваться как относительный показатель ее глубинности. При этом следует отметить участие и других факторов, влияющих на формирование температурного режима источника, таких как: характер разреза, литофациальная характеристика слагающих его пород, степень, объемная скорость водного потока, степень смешивания относительно холодных поверхностных и высокотемпературных глубинных вод, поступающих по глубинным разломам.

Ориентировочную количественную оценку глубины источника воды можно рассчитать по данным бурения скважин на водоносные горизонты. В Талышском регионе для оценки запасов минеральных вод был пробурен ряд скважин глубиной 312-1013 м, результаты их исследований при-

ведены в монографии А.М. Бабаева (2000). Обобщение и анализ этих данных авторами настоящей статьи отражены в табл. 2 и на рис. 5 и 6.

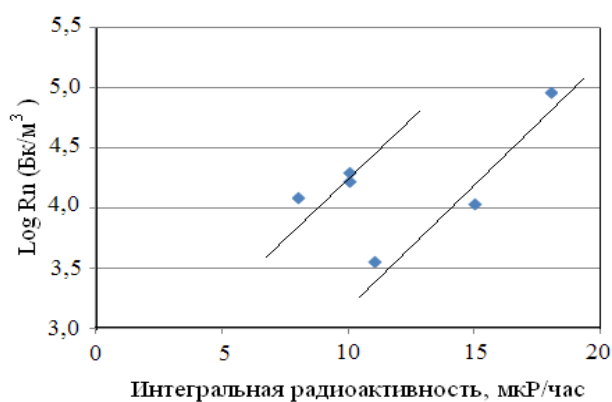


Рис. 3. График зависимости между содержанием в воде радона и интегральной радиоактивностью минеральных вод Талыша

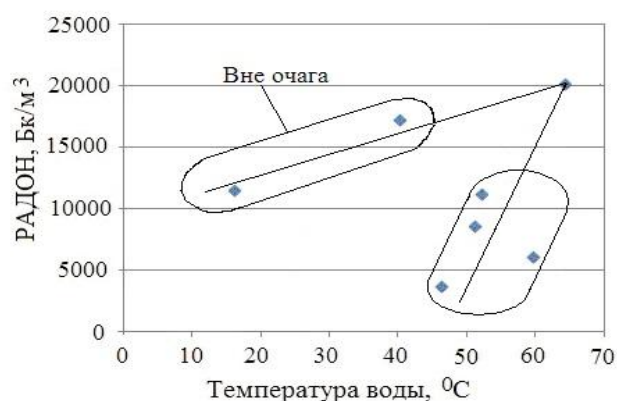


Рис. 4. График зависимости между концентрацией радона (максимальные значения) в термальных водах Талыша и температурой воды

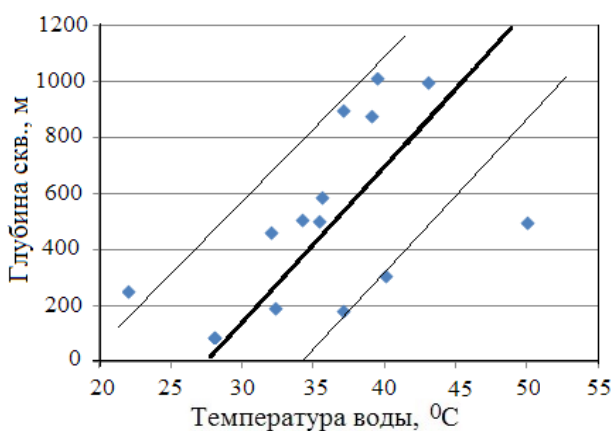


Рис. 5. График зависимости между температурой и глубиной скважин, пробуренных на Талыше (составлен авторами по данным А.М. Бабаева, 2000)

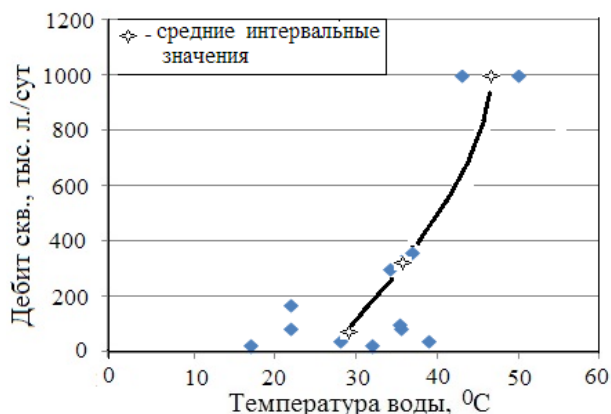


Рис. 6. График зависимости между температурой и дебитом термальных вод в скважинах, пробуренных на Талыше (составлен авторами по данным А.М. Бабаева, 2000)

Таблица 2

Данные о температуре и дебите вод термальных источников Талыша

Месторождение МВ	№ скв.	Глубина, м	Темп. воды, °C	Дебит, тыс. л/сут
Машхан – Астаринский антиклинорий	1	930*	22	172,8
Гавзавау – Астаринский антиклинорий	1	91**	28	43,2
" "		465*	32	25
Алаша – Астаринский антиклинорий	1	500*	50	1000
Мешасу – Лерикский синклиний	1	186**	37	360
" "	2	589*	35,6	86,4
" "	4	508*	34,2	300
" "	5	506*	35,4	101,4
" "	Глубокая	1000*	43	1000
Сапнакеран – Лерикский синклиний	-	326**	17	25,9
" "	-	882*	39	41
Шаглакуджа – Лерикский синклиний	-	644**	22	86,4

* – забой скважины; ** – глубина водоносного горизонта

Расчеты, выполненные, исходя из графика зависимости, приведенного на рис. 5, показывают, что максимальная глубина водоносного горизонта в Талыше не превышает 2400 м. При этом отмечается определенная связь между температурой воды (а следовательно, и глубиной ее источника) и дебитом воды (рис.6).

Эколого-гигиеническая оценка уровня содержания радона в термальных водах Талыша

Радон сильно токсичен, что связано с его радиоактивными свойствами. Радионуклиды радона обуславливают в среднем более половины всей дозы радиации, которую в среднем получает организм человека от природных и техногенных радионуклидов окружающей среды.

В зависимости от концентрации в окружающей среде и дозы облучения радон может оказывать как благотворное, так и вредное воздействие на организм человека. Основное поступление радиоактивных элементов в организм человека происходит за счет дыхания. По существующим оценкам 20% заболеваний раком бронхов обусловлены воздействием радона и продуктов его распада (Радон, http://profbeckman.narod.ru/RH0.files/10_2.pdf).

Заметное место в арсенале курортологии и физиотерапии издавна занимают радоновые ванны. Растворенный в воде радон (в микродозах) оказывает положительное воздействие на многие функции человеческого организма. Радоновые ванны – эффективное средство лечения заболеваний сердечнососудистых, кожных, а также нервной системы.

Иногда радоновую воду прописывают и внутрь – для воздействия на органы пищеварения (Радон, 2003). Однако как всякое сильнодействующее средство радон требует постоянного врачебного контроля и очень точной дозировки. При высоких концентрациях радона в воде, а также при некоторых заболеваниях радонотерапия абсолютно противопоказана.

При использовании радоновой воды в качестве питьевой в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ), жировой ткани и мозге происходит накопление радона, что может привести к серьезным заболеваниям ЖКТ (Скударнов и др., 2007; WHO Handbook, 2009).

Особую опасность представляют воды некоторых родников и минеральных источников, используемых населением в качестве питьевой. Так, например, концентрация радона в родниках Медведицкой гряды, находящейся в Волгоградской и Саратовской областях России, превышает допустимые нормы для питьевой воды в 7-12 раз (Пындак, Солодовников, 2004).

В связи с этим в разных странах приняты уровни предельно допустимых концентраций (ПДК) радона в водах, которые ограничивают использование вод с высоким содержанием радона.

Для радоновых ванн применяют обычно воды с концентрацией радона 1480-2960 Бк/л (концентрация естественных радоновых вод может быть и ниже) при температуре 34-37°C. Продолжительность процедуры – 5-20 мин. При лечении детей содержание радона в воде должно быть не выше 1500 Бк/л (Радон, http://profbeckman.narod.ru/RH0.files/10_2.pdf).

Существуют ПДК радона и для питьевой воды. Так, например, согласно нормам радиационной безопасности, принятым в 1999 году в России, предельно допустимое содержание радона в питьевой воде установлено в 60 Бк/л при отсутствии в воде других радиоактивных веществ (Ионизирующее излучение..., 1999; Нуралиева и др., 2011).

Анализ выявленного уровня концентрации радона в термальных водах Талыша позволяет заключить, что эти воды не представляют опасности для здоровья населения при принятии ванн, т.к. по существующей классификации (Костров, 1999; Нуралиева и др. 2011) они относятся к слаборадоновым.

Что же касается санитарно-гигиенической оценки пригодности этих вод для питья, то следует отметить, что в Азербайджане не регламентированы ПДК радона для питьевой воды. Если ориентироваться на принятые в России ПДК для питьевой воды (60 Бк/л), то в термальном источнике Бюлюдюл (у одноименного села Ярдымлинского р-на), насыщенном углекислым газом, концентрация радона превышает эту норму (рис. 7).

Заключение

Впервые оценен уровень концентрации радона в термальных водах Талыша, что позволило установить его соответствие уровню содержания радона в грунтовых водах. По существующей классификации термальные воды относятся к категории слаборадоновых вод и не представляют угрозы здоровью населения, использующего эти воды для приема ванн и в качестве питьевой воды, за исключением источника Бюлюдюл у одноименного села Ярдымлинского р-на. Содержание радона в воде этого термального источника превышает ПДК, и он не рекомендуется для использования в качестве питьевой воды.

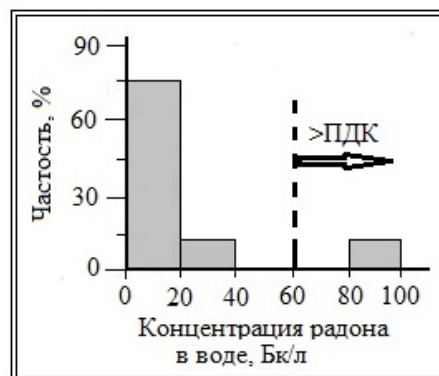


Рис. 7. Гистограммы распределения значений радона в термальных водах Талыша

Работы выполнены в рамках соглашения о сотрудничестве между Национальным Исследовательским Центром (CNR) Италии и Национальной Академией наук Азербайджана.

ЛИТЕРАТУРА

- АСКЕРОВ, А.Г. 1954. Минеральные источники Азербайджанской ССР. Изд. АГУ. Баку. 330 с.
- БАБАЕВ, А.М. 2000. Минеральные воды горно-складчатых областей Азербайджана. Чашыоглы. Баку. 384 с.
- ГУЛИЕВ, И.С., ФЕЙЗУЛЛАЕВ, А.А. 1977. О некоторых особенностях газовыделений минеральными водами Азербайджана. *Доклады АН Азерб.*, 3, 40-43.
- ИОНИЗИРУЮЩЕЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, радиационная безопасность. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). 1999. СП 2.6.1.758-99. Минздрав РФ. Москва. 116 с.
- КАШКАЙ, М.А. 1952. Минеральные источники Азербайджана. Изд. АН Азерб.ССР. Баку. 503 с.
- КОСТРОВ, Д.В. 1999. Радон в воде. Проблема экологии человека. Институт Продуктивного Обучения. Санкт-Петербург. <http://bagz.narod.ru/rabot.htm>
- НУРАЛИЕВА, У., БАХТИН, М., ЖАКЕНОВА, А., АЛТАЕВА, Н. 2011. Радиационная обстановка скважинных вод некоторых регионов Казахстана. *Вестник Казах. Нац. Мед. Университета*, 3, 170-172.
- ПЫНДАК, В.И., СОЛОДОВНИКОВ, Ю.И. 2004. Мониторинг родниковых вод Медведицкой гряды. *Фундаментальные исследования*, 6, 85-86. РАДОН. http://profbeckman.narod.ru/RH0.files/10_2.pdf
- РАДОН. 2003. Популярная библиотека химических элементов. 12 Сентября. <http://n-t.ru/ri/ps/pb086.htm>
- СКУДАРНОВ, С.Е., КУРКАТОВ, Ю., С.В., МИХАЙЛУЦ, А.П. 2007. Эколого-гигиеническая оценка хозяйственно-питьевого водопользования подземными водами в Красноярском крае. *Эко-Бюллетень ИНЭКА*, 3(122), 3-6.
- ФЕЙЗУЛЛАЕВ, А.А., ГУЛИЕВ, И.С. 1977. О масштабах потерь гелия с территории Азербайджана. *Доклады АН Азерб.*, 33(7), 41-43.
- WHO Handbook on indoor radon. 2009. A public health perspective. World Health Organization. WHO Press. Geneva. Switzerland.

Рецензенты: академик А.А.Гарибов, д.г.-м.н. А.Ш.Мухтаров