

Природные источники ионизирующего излучения Республики Тыва

С.А. Дактаалай

Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Тыва, Кызыл

Средние индивидуальные годовые эффективные дозы природного облучения населения субъектов Российской Федерации весьма разнообразны. При этом дозы облучения внутри одного субъекта тоже могут сильно отличаться от среднерегионального показателя по данному субъекту.

В данной работе проведена оценка доз природного облучения населения, проживающего в различных административных территориях Республики Тыва. Для расчетов доз природного облучения использованы результаты исследований, проведенных в различных административных территориях Республики Тыва за период с 2007 по 2011 г. В работе показано, что диапазон средних индивидуальных годовых эффективных доз природного облучения населения в различных административных территориях Республики Тыва весьма широк. Так, в некоторых административных территориях республики средние индивидуальные годовые эффективные дозы природного облучения в два и более раз отличаются от среднерегионального значения 5,21 мЗв/год. Кроме того, указаны основные причины повышенного природного облучения населения Республики Тыва, проведена зависимость гамма-фона на открытой местности в административных территориях от их географического расположения в регионе.

Ключевые слова: природные источники излучения, изотопы радона, эффективная доза, внешнее облучение, внутреннее облучение.

Введение

Значение средней индивидуальной годовой эффективной дозы (СИД) облучения населения, получаемой от природных источников ионизирующего излучения (ИИИ) в различных субъектах Российской Федерации, сильно отличается от среднероссийского показателя в зависимости от целого ряда причин.

При этом внутри субъекта РФ дозы облучения населения, получаемые за счет природных ИИИ, в различных административных территориях данного субъекта тоже могут сильно отличаться от среднерегионального значения.

Республика Тыва (РТ) расположена в центре Азии на юге Восточной Сибири, в верховьях реки Енисей. Общая площадь территории 170 500 км². Население Республики Тыва составляет 317 056 человек (на 2011 г.) и проживает в 18 административных территориях республики. По характеру рельефа Республика Тыва представляет собой горный регион с чередованием высоких хребтов высотой до 3976 м и глубоких котловин до 508 м над уровнем моря.

На территории республики выявлено около 240 выходящих на поверхность рудопоявлений и месторождений урановых и редкометалльных руд. Практически все они находятся в малонаселенных местах, мощность дозы гамма-излучения на поверхности земли относительно низкая и не превышает 100 мкР/ч, редко 300–350 мкР/ч и, таким образом, радиологической опасности не представляет.

Климат на территории республики резкоконтинентальный – зима морозная, безветренная, в котловинах малоснежная. Лето – умеренно теплое в горах и жаркое в котловинах. Зимой температура воздуха понижается до – 45 °С, летом поднимается до + 40 °С и более [1].

Все эти факторы непосредственно влияют на формирование доз облучения населения Республики Тыва,

получаемых от природных источников ионизирующего излучения.

Цель исследования – оценка доз природного облучения населения Республики Тыва, проживающего на различных административных территориях республики.

Материалы и методы

Для решения поставленной цели за период с 2007 по 2011 г. в различных административных территориях Республики Тыва проведены лабораторные и лабораторно-инструментальные исследования объектов окружающей среды и среды обитания людей по показателям радиационной безопасности.

Результаты и обсуждение

Анализ доз облучения населения Республики Тыва

Значение средней индивидуальной эффективной дозы облучения населения Республики Тыва, полученных от всех ИИИ, составило 5,80 мЗв/год, что на 46,8% больше, чем аналогичный показатель по Российской Федерации в 2010 г. (РФ – 3,95 мЗв/год, рис. 1) [2].

Основной вклад в дозу облучения населения Республики Тыва вносят природные ИИИ – 89,7%, следующим по значимости являются медицинские ИИИ – 10,2%. Вклад остальных ИИИ в общую дозу облучения населения РТ составляет менее 0,1% (рис. 2).

При этом СИД облучения населения РТ, полученных от природных ИИИ, составляет 5,21 мЗв/год, что на 54,1% больше аналогичного показателя по РФ (РФ – 3,38 мЗв/год). Средняя индивидуальная годовая эффективная доза облучения населения РТ, полученных от остальных ИИИ, остается практически на том же уровне, что и аналогичные показатели по РФ (табл. 1).

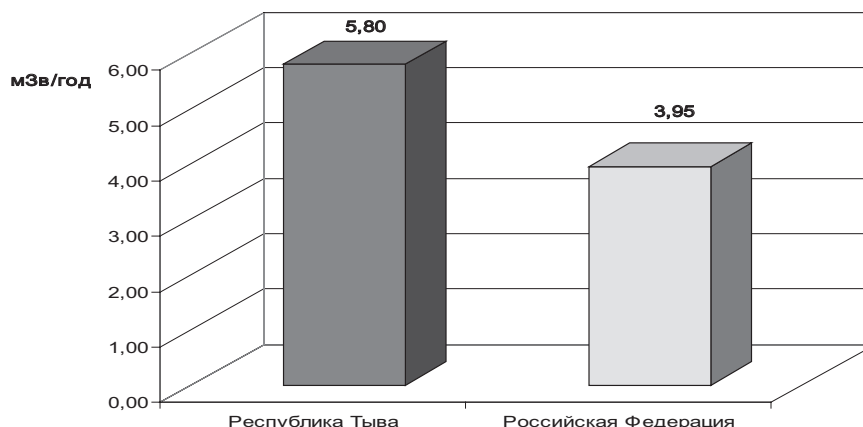


Рис. 1. Средняя индивидуальная эффективная доза облучения населения Республики Тыва, полученная от всех ИИИ

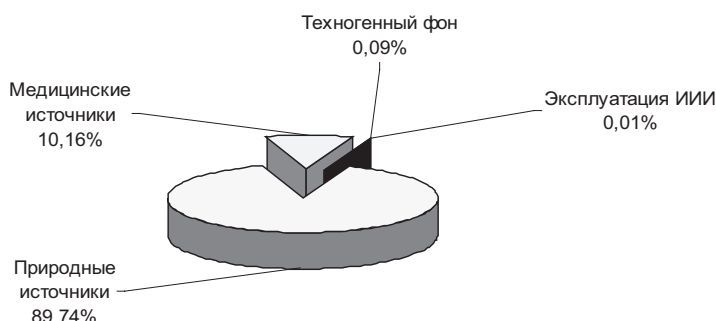


Рис. 2. Структура доз облучения населения Республики Тыва от всех ИИИ

Таблица 1
Среднегодовая индивидуальная эффективная доза облучения населения Республики Тыва, получаемая от различных ИИИ

ИИИ	Республика Тыва	Российская Федерация	Разница от РФ
Эксплуатация ИИИ, мкЗв/год	0,69	0,81	Меньше на 14,8%
Техногенный фон, мкЗв/год	5,00	6,53	Меньше на 23,4%
Медицинские источники, мЗв/год	0,59	0,56	Больше на 5,4%
Природные источники, мЗв/год	5,21	3,38	Больше на 54,1%

В связи с этим заметим, что в соответствии с СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)» облучение населения Республики Тыва от природных ИИИ следует классифицировать как повышенное, что свидетельствует о том, что Республика Тыва находится на территории с повышенным природным радиационным фоном [3].

Дозы природного облучения населения Республики Тыва, проживающего в различных административных территориях региона

Значение средней индивидуальной годовой эффективной дозы облучения населения от всех природных ИИИ в различных административных территориях (районах) Республики Тыва отличается достаточно сильно (рис. 3).

Так, по результатам проведенных исследований в 18 районах Республики Тыва установлено, что:

- в 8 районах республики население получает приемлемый уровень облучения от природных ИИИ;
- в 7 районах республики население получает повышенное облучение от природных ИИИ;
- в 2 районах отмечается высокое облучение населения от природных ИИИ.

Причиной повышенного природного облучения населения является высокое содержание изотопов радона в воздухе жилых помещений. Так, вклад в дозу природного облучения населения РТ за счет внутреннего облучения изотопами радона и их короткоживущими дочерними продуктами распада составляет 76,2% (СИД 3,97 мЗв/год) от суммарной дозы за счет всех природных ИИИ.

Следующим по значимости является внешнее облучение – около 10,0% (СИД 0,52 мЗв/год) от суммарной дозы за счет всех природных ИИИ.

Вклад космического излучения составляет чуть менее 8,0% (СИД 0,40 мЗв/год), вклад калия – 40 в организме человека – около 3,0% (СИД 0,17 мЗв/год), а доза за счет содержания природных и техногенных радионуклидов в продуктах питания составляет 2,4% (СИД 0,127 мЗв/год).

Вклад дозы за счет потребления питьевой воды составляет 0,3% (СИД 0,016 мЗв/год) от суммарной дозы за счет всех природных ИИИ, а за счет ингаляции долгоживущих природных радионуклидов с атмосферным воздухом – менее 0,1% (СИД 0,006 мЗв/год) (рис. 4).

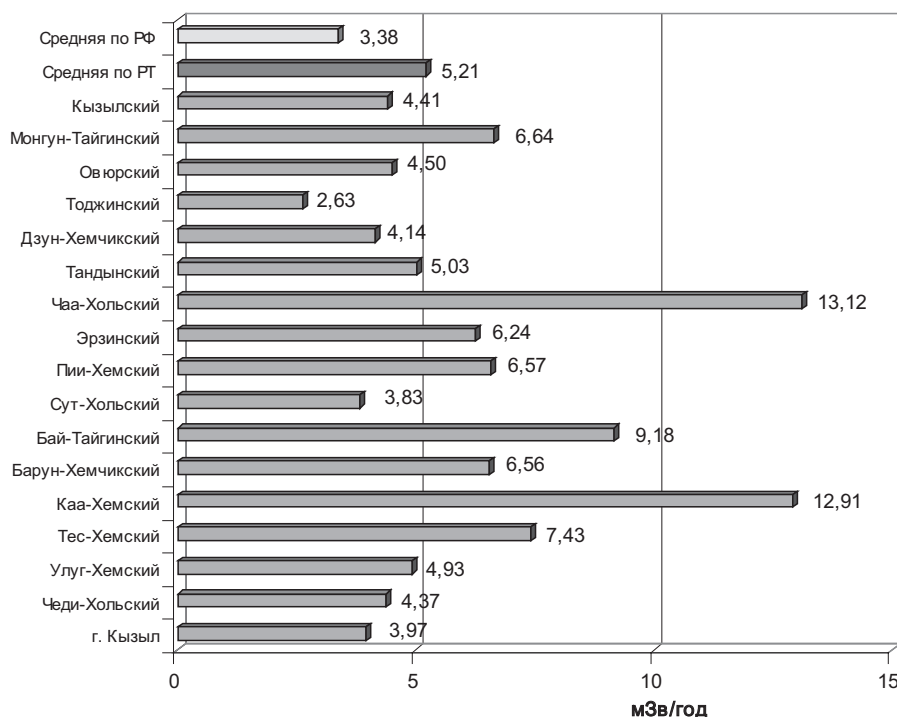


Рис. 3. Среднегодовая индивидуальная эффективная доза природного облучения населения административных территорий Республики Тыва

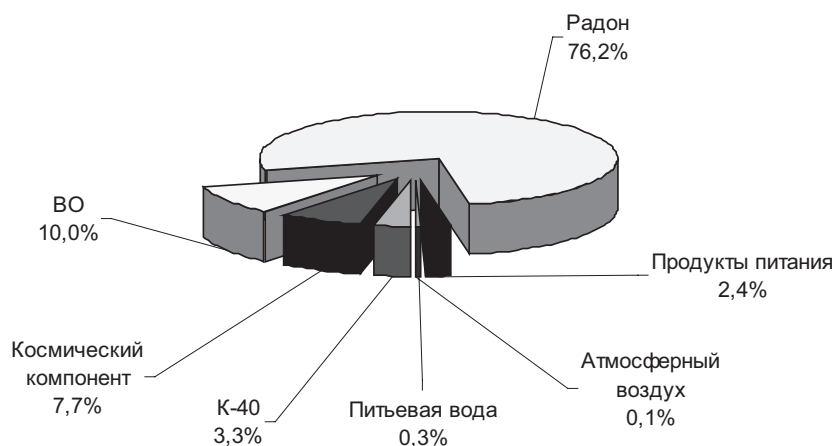


Рис. 4. Структура доз природного облучения населения Республики Тыва

Среднее значение среднегодовой эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) дочерних продуктов радона и торона в воздухе помещений в Республике Тыва в деревянных домах составляет 87,4 Бк/м³, в одноэтажных каменных домах – 161,80 Бк/м³, а в многоэтажных каменных домах – 49,8 Бк/м³ [4]. При этом значение ЭРОА радона в воздухе помещений в различных районах республики также отличается от среднереспубликанских значений (табл. 2).

Наибольшее значение ЭРОА радона в воздухе в помещениях жилых домов наблюдается в г. Ак-Довурак, Бай-Тайгинском, Каа-Хемском, Тес-Хемском, Пий-Хемском и Чаа-Хольском районах. При этом значение ЭРОА в воздухе помещений в некоторых жилых домах достигает до 990 Бк/м³ (Каа-Хемский район).

Следует отметить, что повышенное значение ЭРОА радона в воздухе помещений наблюдается в основном в

жилых домах, построенных в 1950–1980-х гг. В этот период жилые дома при вводе их в эксплуатацию и строительные материалы, использованные при строительстве домов, не контролировались по радиологическим показателям. Кроме того, перед строительством жилого дома контроль участка территории на радоноопасность также не осуществлялся.

Результаты исследования строительных материалов, использованных при строительстве данных домов, показал, что строительные материалы по радиационному фактору относятся к первому классу. Плотность потока радона с поверхности грунта на территории строительства этих домов не превышает установленных в ОСПОРБ-99/2010 критериев. При этом значение ППР с поверхности грунта колеблется в диапазоне от 20 до 55 мБк/(м²·с).

Таблица 2

Среднее значение среднегодовой эквивалентной равновесной объемной активности дочерних продуктов радона и торона в воздухе помещений в районах Республики Тыва, Бк/м³

Административная территория	Тип домов		
	Деревянные	Одноэтажные каменные	Многоэтажные каменные
Кызыл	31,4	47,1	45,0
Чеди-Хольский	53,3	49,9	–
Улуг-Хемский	49,4	49,3	55,1
Тес-Хемский	97,6	129,0	–
Каа-Хемский	163,5	607,0	–
Барун-Хемчикский	86,2	78,3	–
Бай-Тайгинский	125,5	66,5	–
Сут-Хольский	41,8	99,4	–
Пий-Хемский	84,6	170,5	–
Эрзинский	79,8	123,1	–
Чаа-Хольский	198,1	101,2	–
Тандынский	61,0	91,2	–
Дзун-Хемчикский	39,3	47,4	–
Тоджинский	18,4	–	–
Овюрский	43,8	50,9	43,0
Монгун-Тайгинский	75,8	79,9	–
Кызылский	50,4	14,5	–

Значение ЭРОА радона в воздухе помещений сильно отличается в зависимости от времени года: наибольшее значение наблюдается в холодное время года, а наименьшее – в теплое.

Как уже отмечалось, климат в Республике Тыва является резкоконтинентальным, вследствие чего население в летнее время вынуждено постоянно проветривать свои дома, используя естественную вентиляцию, а в холодное время года использование такого метода воздухообмена не является возможным. Отсюда можно сделать вывод о том, что основным источником высоких содержаний радона в помещениях является поступление радона из грунта и его накопление в воздухе помещений.

Значение мощности дозы гамма-излучения в жилых домах колеблется от 0,05 до 0,15 мкЗв/ч без вычета фоновых значений [4]. Наибольшее значение мощности дозы гамма-излучения в жилых домах наблюдается в одноэтажных каменных (1К) и многоэтажных каменных (МК) домах, построенных в 1950–1980-х гг. (табл. 3).

Следует также отметить, что значение мощности дозы гамма-излучения в жилых домах даже в одном населенном пункте сильно отличается от среднего значения по данному населенному пункту, что не позволяет увидеть какую-либо зависимость.

Таблица 3

Среднее значение мощности дозы гамма-излучения в жилых домах (без вычета уровня собственного фона и отклика на космику), мкЗв/ч

Название района	Тип домов		
	Д	1К	МК
Кызыл	0,11	0,06	0,13
Чеди-Хольский	0,11	0,13	0,12
Улуг-Хемский	0,10	0,12	0,13
Тес-Хемский	0,11	0,13	–
Каа-Хемский	0,11	0,11	–
Барун-Хемчикский	0,10	0,13	–
Бай-Тайгинский	0,11	0,12	–
Сут-Хольский	0,09	0,11	–
Пий-Хемский	0,10	0,12	0,12
Эрзинский	0,10	0,13	–
Чаа-Хольский	0,11	0,12	–
Тандынский	0,09	0,11	–
Дзун-Хемчикский	0,11	0,13	–
Тоджинский	0,09	–	–
Овюрский	0,11	0,12	0,15
Монгун-Тайгинский	0,12	0,13	–
Кызылский	0,11	0,14	–

Среднее значение мощности дозы гамма-излучения на открытой местности по Республике Тыва составляет 0,08 мкЗв/ч [4]. Данный показатель в различных административных территориях тоже отличается от среднереспубликанских значений (рис. 5). При этом в западной части территории Республики Тыва наблюдается тенденция увеличения значения данного показателя.

Вклад в дозу природного облучения населения Республики Тыва за счет содержания природных и техногенных радионуклидов в продуктах питания составляет всего 2,4% или СИД – 0,127 мЗв/год, что на 11% меньше, чем аналогичный показатель по РФ (РФ – 0,142 мЗв/год) (рис. 6) [2].

При этом пробы продуктов питания и продовольственного сырья местного производства, не соответствующие требованиям радиационной безопасности, на территории республики не выявлены.

Содержание техногенных радионуклидов Cs-137 и Sr-90 в образцах проб картофеля и молока местного производства представлено в таблице 4.

Таблица 4

Содержание техногенных радионуклидов Cs-137 и Sr-90 в образцах проб картофеля и молока местного производства

Наименование продукта	ЧИ	Cs-137, Бк/кг	ЧИ	Sr-90, Бк/кг
Картофель	10	0,715	10	0,248
Молоко	4	0,500	4	0,143

Средняя индивидуальная годовая эффективная доза облучения населения Республики Тыва за счет потребления питьевой воды составляет 0,016 мЗв/год, что на 45% меньше аналогичного показателя по РФ (РФ – 0,029 мЗв/год) (рис. 7) [2].

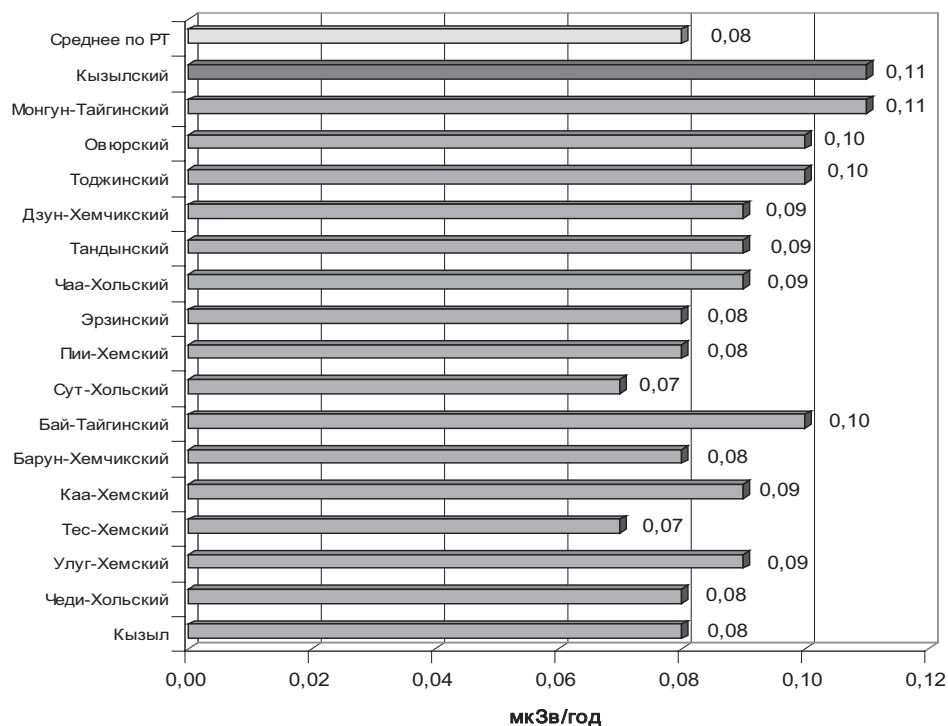


Рис. 5. Среднее значение мощности дозы гамма-излучения на открытой местности, мкЗв/ч

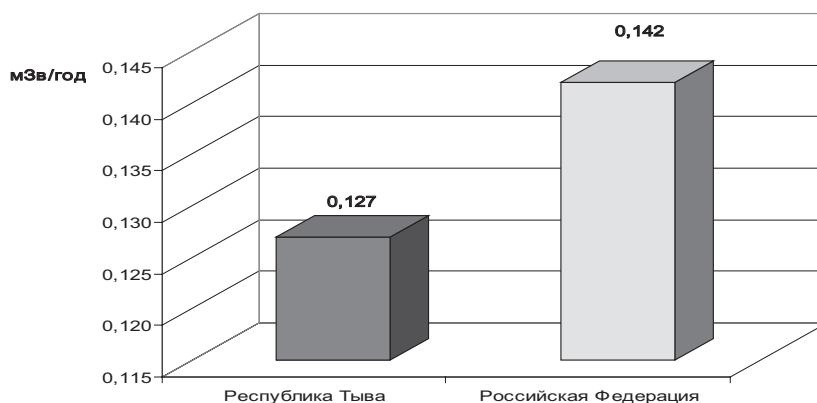


Рис. 6. Средняя индивидуальная эффективная доза облучения населения за счет содержания природных и техногенных радионуклидов в продуктах питания

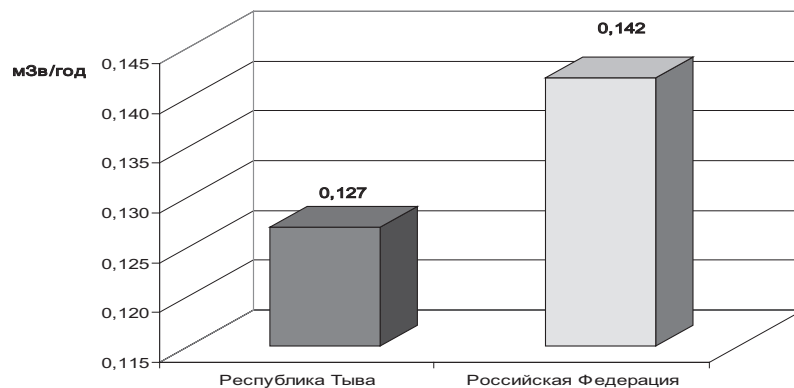


Рис. 7. Средняя индивидуальная эффективная доза облучения населения за счет потребления питьевой воды

В пробах воды из подземных источников питьевого водоснабжения Овюрского, Эрзинского района имеются следы урана-234, 238 с удельной активностью до 1,45 и 0,27 Бк/кг соответственно, что подтверждает наличие урановых месторождений на территории Республики Тыва.

В общем же удельный вес не соответствующих проб питьевой воды по показателю суммарной альфа-активности составляет примерно 3–5%. При этом максимальное значение суммарной альфа-активности воды составило 2,01 Бк/л (скважина в Овюрском районе). Дозы внутреннего облучения населения Республики Тыва от потребления питьевой воды в дальнейшем будут еще уточняться по мере определения радионуклидного состава всех потребляемых вод.

Целебные источники Республики Тыва

В рамках региональной программы «Целебные источники Республики Тыва» исследовано 26 наиболее посещаемых населением целебных источников в 12 районах Республики Тыва.

В районах расположения этих целебных источников практически отсутствует техногенное воздействие на природу, что позволяет непосредственно оценить характер данной территории на предмет ее природной радиоактивности.

Объектами исследования являлись:

- вода целебных источников;
- прилегающая территория целебных источников.

Результаты исследований воды целебных источников по величине суммарной альфа- и бета-активности показали, что в 19 целебных источниках из 26 суммарная альфа-активность воды была больше критерия для питьевой воды согласно НРБ-09/2009, что свидетельствует о возможном наличии в воде этих целебных источников повышенного содержания природных радионуклидов. Причем, наибольшая суммарная альфа-активность наблюдается в целебных источниках Шивилиг – 1,29 Бк/л, Суглуг-Чарык – 1,54 Бк/л (табл. 5).

Таблица 5

Результаты исследований воды целебных источников Республики Тыва по показателям радиационной безопасности

Административная территория	Наименование целебного источника	Критерии									
		0,3			60 Бк/кг			0,2			1
		МЭД на территории, мкЗв/ч			²²² Rn			Удельная активность в воде, Бк/кг			Результаты
		min	max	средн	A+Δ	A	Δ	A+Δ	A	Δ	A+Δ
Кызылский	Оораш-Хем	0,05	0,06	0,06	4,0	0,00	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01
	Чуургалыг	0,05	0,07	0,06	4,5	0,00	0,04	0,04	0,07	0,03	0,10
Дзун-Хемчикский	Кегээн-Булак	0,08	0,08	0,08	40,5	0,24	0,08	0,32	0,15	0,05	0,21
	Кум-Суу	0,08	0,08	0,08	24,0	0,04	0,01	0,05	0,39	0,10	0,49
Сут-Хольский	Чалама	0,08	0,08	0,08	15,8	0,19	0,06	0,25	0,28	0,09	0,36
	Шаараш	0,18	0,22	0,20	65,6	0,53	0,12	0,65	0,11	0,04	0,15
	Алды-Доргун	0,11	0,11	0,11	34,4	0,44	0,17	0,60	0,23	0,07	0,30
Тес-Хемский	Суглуг Чарык	0,08	0,09	0,09	36,6	1,32	0,22	1,54	0,50	0,07	0,57
	Ужарлыг	0,07	0,09	0,08	39,2	0,36	0,12	0,48	0,32	0,11	0,42
	Дуктуг-Дыт	0,03	0,04	0,04	0,9	0,06	0,03	0,08	0,14	0,08	0,21
Эрзинский	Ак-Хайыракан	0,04	0,06	0,05	37,0	0,53	0,23	0,76	0,27	0,11	0,37
Тандынский	Арголик	0,04	0,06	0,05	5,1	0,37	0,12	0,49	0,11	0,04	0,14
Чаа-Хольский	Ажыг-Суг	0,06	0,10	0,08	1,7	0,81	0,27	1,08	0,74	0,26	1,01
	Кара-Суг	0,04	0,04	0,04	0,6	0,23	0,07	0,30	0,28	0,09	0,36
	Карак-аржааны	0,03	0,05	0,04	0,8	0,27	0,13	0,40	0,22	0,12	0,33
Улуг-Хемский	Аржаан	0,08	0,08	0,08	31,4	0,19	0,05	0,24	0,18	0,05	0,22
	Сенек	0,08	0,08	0,08	11,4	0,27	0,08	0,35	0,35	0,10	0,45
Барун-Хемчикский	Алаш	0,08	0,08	0,08	29,6	0,16	0,04	0,20	0,09	0,03	0,11
Бай-Тайгинский	Шивилиг	0,15	0,26	0,21	277,4	0,98	0,32	1,30	0,42	0,13	0,55
	Бел	0,06	0,06	0,06	69,1	0,11	0,04	0,15	0,21	0,09	0,30
Овюрский	Талдыг-Чарык	0,11	0,12	0,12	4,9	0,25	0,12	0,37	0,12	0,06	0,17
	Улаатай	0,10	0,11	0,11	2,1	0,27	0,12	0,39	0,41	0,22	0,62
	Адарган	0,11	0,12	0,12	14,7	0,24	0,07	0,32	0,14	0,04	0,18
	Аксы-Дуруг	0,11	0,12	0,12	0,7		0,07	0,07	0,02		0,02
	Мурусту	0,08	0,10	0,09	6,4	0,10	0,03	0,13	0,09	0,03	0,11
Монгун-Тайгинский	Аспаты	0,15	0,20	0,18	27,0	0,39	0,13	0,52	0,24	0,08	0,32

Удельная активность радона-222 в воде целебных источников варьируется от 0,63 Бк/л до 277,4 Бк/л. При этом наибольшее содержание радона-222 обнаружено в 3 целебных источниках – Шаараш, Шивилиг и Бел с максимальным содержанием в целебном источнике Шивилиг – 277,4 Бк/л.

Следует отметить, что эти 3 целебных источника расположены в западной части территории Республики Тыва. Высокое содержание радона в этих целебных источниках указывает на то, что в западной части территории Республики Тыва концентрации долгоживущих природных радиоактивных элементов, находящихся в почве и скальных породах, более высокая, чем на остальной территории Республики Тыва. Этот факт подтверждается и тем, что в целебных источниках, расположенных на западной части территории республики, отмечается повышенный уровень гамма-фона – это целебные источники Шаараш, Шивилиг и Аспаты.

При этом наибольший гамма-фон наблюдается вблизи целебного источника Шивилиг – до 0,26 мкЗв/ч, при среднереспубликанском значении для открытой местности 0,08 мкЗв/ч. Уровень гамма-фона вблизи всех целебных источников варьирует от 0,03 мкЗв/ч до 0,26 мкЗв/ч.

Конечно, результаты исследований целебных источников позволяют только поверхностно оценить естественный радиационный фон на административных территориях Республики Тыва. Но даже по результатам этих исследований видно, что по естественному радиационному фону различные административные территории Республики Тыва сильно отличаются друг от друга.

При этом в западной части территории республики отмечается повышенный уровень естественного радиационного фона по сравнению с остальной ее территорией.

Заключение

Результаты текущего мониторинга зависят от того, какие конкретно объекты выбраны для контроля в текущий период, поэтому результаты отдельного года не могут быть представительны для Республики Тыва. Однако по мере накопления новых данных средние оценки доз облучения населения Республики Тыва, получаемых от природных ИИИ, с каждым годом все точнее будут отражать действительные уровни облучения населения за счет всех природных ИИИ.

В целом же, по итогам наших работ можно отметить, что средняя индивидуальная годовая эффективная доза природного облучения населения Республики Тыва, проживающего в разных административных территориях республики, заметно отличается от среднего по республике значения 5,21 мЗв/год. Диапазон вариации СИД природного облучения населения составляет от 2,63 до 13,12 мЗв/год. При этом около 66% населения Республики Тыва в 8 административных территориях имеют приемлемый уровень облучения от природных ИИИ, население 7 административных территорий (около 28% населения) подвергаются повышенному облучению, а жители 2 районов (около 6% населения) подвергаются высоким уровням облучения за счет природных ИИИ.

Основным источником природного облучения населения Республики Тыва является внутреннее облучение изотопами радона и их короткоживущими дочерними продуктами распада, поступающими из грунта и накапливающимися в жилых зданиях. Следующим по значимости является внешнее облучение, вклад которого составляет около 10,0% от суммарной дозы за счет всех природных ИИИ.

В западной части территории Республики Тыва отмечается увеличение естественного радиационного фона, что подтверждается результатами периодических исследований гамма-фона на открытой местности и исследований целебных источников на территории Республики Тыва.

Литература

1. Раковская, Э.М. Физическая география России / Э.М. Раковская, М.И. Давыдова. – М., 2001. Ч. 2. – 233 с.
2. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2010 году: справочник / Н.К. Барышко [и др.]. – СПб, 2011. – 62 с.
3. Санитарные правила и нормативы СП 2.6.1.2612-10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010): (утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 26 апреля 2010 г. № 40): зарегистрированы 11 августа 2010 г. Регистрационный № 18115. – М.: Минюст России, 2010. – 82 с.
4. Методические указания Оценка индивидуальных эффективных доз облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения (МУ 2.6.1.1088-02): (утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 4 января 2002 года, введен в действие 1 марта 2002 года).

S.A. Daktaalai

Natural Ionizing Irradiation sources in Tyva Republic

Center of Hygiene and Epidemiology in Tyva Republic, Kyzyl

Abstract. Average annual individual effective doses from natural exposure of the population of Russian Federation are very diverse. At the same time exposure doses inside one territory could also be very different from the average value for this territory.

In this paper we evaluated doses of natural exposure of the population living in different administrative units of the Tyva Republic. For the calculation of natural exposure dose we used the results of studies conducted in various administrative areas of the Tyva Republic in the period from 2007 to 2011. It is shown that the range of the average annual individual effective doses of natural exposure of the population in various administrative areas of the Tyva Republic is very broad. Thus, in some administrative areas of the republic average annual individual effective dose of natural exposure differs from the average regional value – 5,21 mSv/year in two or more times. The author also points out the main reasons for the enhanced natural exposure of the population of Tyva Republic, carries out the dependence of gamma background in the open places in the administrative areas on their geographical location in the region.

Key words: natural ionizing irradiation sources, radon isotopes, effective dose, external exposure, internal exposure.

С.А. Дактаалай
Тел.: 8(394-22) 5-63-01
E-mail: cgsen@tuva.ru

Поступила: 19.11.2012 г.