

Обоснование к введению нормирования содержания радионуклидов в питьевой воде по взрослому населению

¹И.П. Стамат, ¹И.К. Романович, ²Г.А. Горский

¹ФГУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург

²Управление Роспотребнадзора по городу Санкт-Петербургу, Санкт-Петербург

Рассматриваются вопросы перехода к нормированию содержания радионуклидов в питьевой воде по взрослому населению. Показано, что установление прямых ограничений по величине непосредственно измеряемых показателей радиационной безопасности питьевой воды – удельной активности радионуклидов – существенно упростит осуществление контроля и надзора за радиационной безопасностью питьевого водоснабжения населения.

Ключевые слова: природные источники излучения, питьевая вода, эффективная доза, дозовый коэффициент, нормирование техногенного облучения населения, ограничение облучения населения за счет природных источников излучения, уровень вмешательства.

За прошедшие примерно 10 лет после введения в действие Норм радиационной безопасности (НРБ-99) накоплен значительный научный и практический опыт обеспечения радиационной безопасности населения Российской Федерации при облучении природными источниками ионизирующего излучения. В практической реализации НРБ-99 вскрылись некоторые проблемы и противоречия. Один из таких проблемных вопросов связан с п. 5.3.5 НРБ-99 по ограничению облучения населения за счет содержания радионуклидов в питьевой воде.

Обратимся к первой части пункта 5.3.5 НРБ-99: «При содержании природных и искусственных радионуклидов в питьевой воде, создающих эффективную дозу меньше 0,1 мЗв за год, не требуется проведения мероприятий по снижению ее радиоактивности. Этому значению дозы при потреблении воды 2 кг в сутки соответствуют средние значения удельной активности за год (уровни вмешательства – УВ), приведенные в приложении П-2...».

Анализируя требования п. 5.3.5, мы видим, что, с одной стороны, нормирование ведется по аналогии с техногенными источниками и основано на понятии «критическая группа», которое изначально введено для техногенных источников (уровни вмешательства в приложении П-2). С другой стороны, при установлении того же УВ, но по эффективной дозе, эта величина оказывается привязанной к взрослому населению. И поскольку в НРБ-99 приведены дозовые коэффициенты для критических групп населения, а значения УВ для отдельных радионуклидов в питьевой воде и потребление питьевой воды – для взрослого населения, то в широкой практике реализовать требование о «защитных действиях с учетом принципа оптимизации» по отношению к источникам питьевого водоснабжения оказывается невозможным.

Кроме того, отсутствие в НРБ-99 утвержденных стандартов потребления питьевой воды для людей разных возрастных категорий приводит к тому, что при расчете доз облучения населения за счет содержания радионуклидов в воде во всех случаях приходится исходить из единого норматива потребления воды для всех групп населения. Уч-

тывая при этом, что в приложении П-2 приведены дозовые коэффициенты только для критических групп населения, следствием этого зачастую оказываются неоправданно жесткие требования к источникам питьевого водоснабжения.

Так, если исходить из нормы потребления питьевой воды 2 кг/сутки и дозовых коэффициентов для критических групп по приложению П-2 в НРБ-99, то при содержании ²²⁶Ra в воде, равном его УВ 0,5 Бк/кг, эффективная доза облучения людей окажется равной 0,55 мЗв/год, а для ²²⁴Ra – чуть более 1 мЗв/год. Формально в таких случаях необходимы мероприятия по снижению содержания радионуклидов в воде с учетом принципа оптимизации, хотя очевидно, что завышенные оценки доз связаны с некорректностью исходных данных для их расчетов.

Наконец, в НРБ-99 неудачно сформулированы требования к порядку радиационного контроля качества воды по показателям радиационной безопасности по результатам анализа суммарных показателей ее радиоактивности. Эти требования в форме: «... Предварительная оценка допустимости использования воды для питьевых целей может быть дана по удельной суммарной альфа (A_{α})- и бета (A_{β})-активности воды, которая не должна превышать 0,1 и 1,0 Бк/кг соответственно» фактически вводят нормативы на содержание радионуклидов в питьевой воде по суммарным показателям ее радиоактивности.

Далее, следуя формулировке НРБ-99, в целом ряде действующих санитарных правил нормативы на содержание радионуклидов в напитках, бутилированной воде и т.п. введены именно по суммарным показателям, что приводит к серьезным трудностям при проведении контроля и санитарно-эпидемиологической оценке качества питьевой воды по показателям радиационной безопасности.

Если обратиться к нормированию двух других основных путей облучения населения природными источниками – за счет изотопов радона в воздухе помещений и внешнего излучения, мы наглядно видим, что введенные ограничения на облучение населения за счет этих источников едины для всех возрастных групп людей. Ограничения, например, по содержанию радона в жилых и обществен-

ных зданиях установлены вовсе не на основе эпидемиологических данных, хотя разница в дозовых коэффициентах для взрослого населения и детей значительна.

Рассмотрим, что произойдет, если ограничения на облучение населения за счет содержания природных радионуклидов в питьевой воде установить по взрослому населению. Формально в скрытом виде в НРБ-99 это уже сделано, хотя и весьма неоднозначно, однако прямо ни в одном из основных документов, кроме ФЗ «О радиационной безопасности населения» [3] (Статья 9, п. 2), об этом не говорится.

Проанализируем, насколько корректна сама идея введения ограничений на облучение населения за счет содержания природных радионуклидов в питьевой воде по взрослому населению. Будем исходить из того, что природному облучению население подвергается более или менее равномерно в течение всей своей жизни. Поэтому требования по обеспечению радиационной безопасности при облучении за счет данного источника, как и других регулируемых природных источников излучения, следовало бы устанавливать в форме ограничения пожизненного риска. То есть практически так же, как эти ограничения установлены для техногенного облучения населения и персонала в нормальных условиях – по суммарной дозе за жизнь и средним дозам за любые последовательные 5 лет облучения.

Если требования к содержанию радионуклидов в питьевой воде установить в соответствии с предложенной в статье [1] системой раздельных ограничений на содержание природных и техногенных радионуклидов, то фактически это будет означать, что эффективные дозы облучения населения в среднем за всю жизнь за счет потребления питьевой воды за счет содержания природных радионуклидов при допустимом содержании техногенных радионуклидов не превысят 1 мЗв/год, а эффективная доза облучения за счет содержания техногенных радионуклидов в питьевой воде будет составлять в среднем за жизнь не более 0,1 мЗв/год.

Рассмотрим далее дозовый фактор, в котором M – годовое водопотребление (кг/год), α – дозовый коэффициент для разных возрастных категорий людей (мкЗв/Бк). Физический смысл дозового фактора очевиден из его определения – это эффективная годовая доза облучения при конкретном водопотреблении людей разного возраста в расчете на единичную удельную активность данного радионуклида в воде.

Для расчета значений дозового фактора необходимо знать годовое водопотребление людей в разном возрасте и значения дозового коэффициента, которые могут быть приняты в соответствии с основными нормами безопасности МАГАТЭ [4]. По данным НКДАР ООН [5], годовое потребление воды детьми в возрасте 1 год (возрастная категория 1–2 года) составляет 150 кг, детей в возрасте 10 лет (возрастная категория 7–12 лет) – 350 кг, а лиц старше 17 лет (возрастная категория «взрослые») – 500 кг. Приведенные в публикациях МКРЗ [6, 7] сведения о водопотреблении близки к данным НКДАР ООН [5], однако наиболее детальная характеристика водопотребления людей в разном возрасте приведена в справочнике по дозиметрии и радиационной гигиене [8].

В связи с отсутствием достоверных данных о водопотреблении младенцев в возрасте до 1 года, в последу-

ющих расчетах эта возрастная категория людей не учитывалась. Нетрудно показать, что для стандартной продолжительности жизни 70 лет максимальная ошибка в оценках, связанная с этим приближением, может составить всего несколько процентов, поскольку при определении средних значений дозового фактора за всю жизнь, дозовый фактор для младенцев учитывается с весом 1/70. Водопотребление взрослых людей в расчетах принято в соответствии с НРБ-99 равным 730 кг/год, а водопотребление лиц для остальных возрастных категорий принято по данным [8] равным 182,5 кг/год для детей в возрасте от 1 до 2 лет, 255,5 кг/год – для детей в возрасте от 2 до 7 лет, 328,5 кг – для детей в возрасте от 7 до 12 лет и 511,0 кг/год – для подростков в возрасте от 12 до 17 лет.

С учетом этих данных, в таблице 1 приведены расчетные значения дозового фактора при поступлении в организм с питьевой водой основных природных радионуклидов семейств ^{238}U и ^{232}Th со значениями дозовых коэффициентов по нормам МАГАТЭ [4] свыше 0,01 мкЗв/Бк. Расчет средневзвешенных значений дозового фактора для отдельных радионуклидов проводился стандартно путем суммирования произведения дозовых факторов на длительность соответствующего возрастного периода с последующим делением на 69 лет. С учетом сказанного выше, эта величина практически не будет отличаться от средневзвешенного значения дозового фактора за 70 лет.

Из анализа данных, приведенных в таблице 1, следует, что значения дозового фактора для взрослых людей и средневзвешенные значения фактора за 69 лет жизни практически совпадают. Поэтому с точки зрения корректности оценки пожизненного риска облучения населения за счет содержания природных радионуклидов в питьевой воде разницы нет, какое из этих значений будет принято для расчетов. При этом для 6 из 10 радионуклидов в таблице 1 дозы за счет их содержания в питьевой воде будут несколько недооценены, если в расчетах использовать дозовые коэффициенты для взрослого населения: средняя за жизнь доза будет занижена от менее чем на 1% для ^{228}Th до 33% для ^{226}Ra , а для 4 радионуклидов (^{232}Th , ^{230}Th , ^{238}U и ^{234}U) она окажется завышенной на 5–11%.

Что же касается облучения критических групп населения, то серьезного анализа фактически требует только ситуация с двумя изотопами радия – ^{226}Ra и ^{228}Ra . По остальным радионуклидам к критической группе относятся дети в возрасте от 1 до 2 лет. Поэтому вследствие резкого уменьшения дозового фактора уже в последующей возрастной категории относительно высокий уровень облучения детей в возрасте 1–2 года, заметно нивелируется за счет снижения дозового коэффициента в последующие 5 лет. Так, для ^{224}Ra средневзвешенное значение дозового фактора за 5 последовательных лет для детей в возрасте от 1 до 7 лет составит 94,6 кг*мкЗв/(Бк*год) и будет отличаться от его пожизненного значения 58,27 кг*мкЗв/(Бк*год) уже в 1,62 раза, а от дозового фактора для взрослых – в 2 раза. Для ^{210}Po эти значения окажутся равными 1,33 и 1,38 соответственно. Наиболее сложной выглядит ситуация с изотопами ^{226}Ra и ^{228}Ra , для которых переход к нормированию по взрослому населению приведет к занижению дозы для критических групп в 3,8–5,4 раза соответственно.

Таблица 1

Соотношение между значениями дозового фактора (ДФ) для основных природных радионуклидов рядов ^{238}U и ^{232}Th при их поступлении с питьевой водой в организм критических групп ДФ_{кг} (выделены курсивом), взрослых жителей (ДФ_{вж}) и средневзвешенных за всю жизнь (ДФ_ж), кг*мкЗв/(Бк*год)

Радионуклид	Возраст облучаемых лиц Т, лет					ДФ _ж	ДФ _{вж} ДФ _ж	ДФ _{кг} ДФ _{вж}
	1<T≤2	2<T≤7	7<T≤12	12<T≤17	T>17			
Ряд ^{238}U								
^{238}U	21,90	20,44	22,34	34,24	32,85	31,13	1,055	0,667
^{234}U	23,73	22,48	24,31	37,81	35,77	33,95	1,054	0,663
^{230}Th	74,83	79,21	78,84	112,42	153,30	138,44	1,107	0,488
^{226}Ra	175,20	158,41	262,80	766,50	204,20	245,46	0,832	3,754
^{210}Pb	657,00	562,10	624,15	970,90	503,70	552,74	0,911	1,304
^{210}Po	1606,0	1124,20	854,10	817,60	876,00	898,75	0,975	1,833
Ряд ^{232}Th								
^{232}Th	82,13	89,43	95,27	127,75	167,90	152,80	1,099	0,489
^{228}Ra	1040,25	868,70	1281,41	2708,30	503,70	754,03	0,668	5,377
^{228}Th	67,53	56,21	49,28	48,03	52,56	52,48	0,996	1,285
^{224}Ra	120,45	89,43	85,41	102,2	47,45	58,27	0,814	2,549

Таким образом, если ограничения на содержание природных радионуклидов в питьевой воде вводить, исходя из значений дозовых коэффициентов для взрослого населения, максимальная годовая эффективная доза облучения людей за счет содержания двух радионуклидов – ^{226}Ra и ^{228}Ra в воде в любом возрасте будет отличаться от средней дозы за всю жизнь менее чем в 5,4 раза, а для остальных – менее чем на 35%. Конечно, такие различия даже для отдельных природных радионуклидов нельзя считать незначительными, однако следует учитывать, что в данном случае речь идет об очень низких дозах облучения на уровне 0,1 мЗв/год или менее.

Отметим, что в рекомендациях ВОЗ [9] (п. 9.3) прямо указано, что расчеты значений УВ для природных и техногенных радионуклидов в питьевой воде следует проводить с использованием дозовых коэффициентов для взрослого населения из расчета их водопотребления 730 кг/год. Поэтому для принятия решения о возможности перехода к такому подходу, рассмотрим таблицу 2, в которой приведены сравнительные данные по значениям УВ для питьевой воды по [9] и НРБ-99, а также их расчетные значения с учетом дозовых коэффициентов для основных природных радионуклидов по [4] для взрослого населения. Учтем при этом, что в примечании к таблице 9.3 в [9] указано, что рекомендуемые значения УВ для отдельных радионуклидов округлены по принципу: при значениях УВ ниже $3 \cdot 10^n$ и выше $3 \cdot 10^{n+1}$ Бк/кг, для них принимались значения 10^n и 10^{n+1} Бк/кг, соответственно.

Нетрудно видеть, что при таком округлении ошибка в расчетах доз облучения людей за счет содержания отдельных радионуклидов в питьевой воде реально достигает практически тех же значений, которые получаются для изотопов ^{226}Ra и ^{228}Ra при переходе к нормированию радиационной безопасности питьевой воды по взрослому населению. Это хорошо видно из сравнения рекомендуемых ВОЗ в [9] и расчетных значений УВ в таблице 2: для ^{238}U они отличаются почти в 3,3 раза, для ^{234}U – в 3,6 раза, а для остальных радионуклидов – до 2 раз.

Таблица 2

Значения УВ (Бк/кг) для отдельных природных радионуклидов по НРБ-99, [9] и расчетным данным при значениях дозовых коэффициентов $h_{\text{инг}}$, мкЗв/Бк [4]

Радионуклид	Данные [9]		Данные НРБ-99*		Расчетные данные	
	$h_{\text{инг}}$	УВ	$h_{\text{инг}}$	УВ	$h_{\text{инг}}$ **	УВ
Ряд ^{238}U						
^{238}U	0,045	10,0	0,12	3,10	0,045	3,04
^{234}U	0,049	10,0	0,13	2,90	0,049	2,80
^{230}Th	0,210	1,0	0,41	0,66	0,210	0,65
^{226}Ra	0,280	1,0	1,50	0,50	0,280	0,49
^{210}Pb	0,690	0,1	3,60	0,20	0,690	0,20
^{210}Po	1,200	0,1	8,80	0,12	1,200	0,11
Ряд ^{232}Th						
^{232}Th	0,230	1,0	0,45	0,60	0,230	0,60
^{228}Ra	0,690	0,1	5,30	0,20	0,690	0,20
^{228}Th	0,072	1,0	0,37	1,90	0,072	1,90
^{224}Ra	0,065	1,0	0,66	2,10	0,065	2,11

* Значения $h_{\text{инг}}$ и УВ приняты по данным Приложения П-2 к НРБ-99.

** Значения $h_{\text{инг}}$ приняты по данным [4].

Таким образом, переходя к нормированию содержания природных радионуклидов в воде по взрослому населению, мы допускаем при этом значительную недооценку вклада в дозу фактически только по ^{226}Ra и ^{228}Ra , а в случае установления значений УВ с приведенным выше правилом округления мы соглашаемся с недооценкой доз по всем радионуклидам.

Рассмотрим эту ситуацию более подробно, учитывая при этом, что ВОЗ рекомендует устанавливать УВ для радионуклидов в питьевой воде по взрослому населению

одновременно с указанным выше способом округления их числовых значений. Для этого сравним значения УВ для 10 основных природных радионуклидов, полученные с учетом их округления по указанному выше принципу, с их значениями для критических групп населения и для взрослых людей, которые приведены в таблице 3.

Из анализа данных таблицы 3 следует, что только за счет округления принятые ВОЗ уровни вмешательства для 5 из 10 наиболее значимых природных радионуклидов в питьевой воде оказались завышенными от 1,5 до 3,6 раз, а для остальных 5 – заниженными на 9–53%. Причем для наиболее распространенного в природных водах ²²⁶Ra установлен УВ примерно в 2 раза выше его точного значения, так что фактически уровень вмешательства для этого радионуклида в питьевой воде по дозе облучения взрослого населения увеличен до 0,2 мЗв/год. По ²²⁸Ra УВ, наоборот, принят примерно вдвое ниже его точного значения.

Что же касается соотношения между УВ для радионуклидов в питьевой воде для критических групп населения, приведенных в НРБ-99, и рекомендованных ВОЗ уровней вмешательства, то, как видно из данных таблицы 3, различия между ними достигают 7,7 и 2,5 раз по ²²⁶Ra и ²²⁸Ra соответственно. Без округления эти различия уменьшаются соответственно до 3,8 и 5,4 раз для ²²⁶Ra и ²²⁸Ra.

Если УВ для основных природных радионуклидов в питьевой воде устанавливать в соответствии с рекомендациями ВОЗ (по взрослому населению с соответствующим округлением полученных значений), то для 6 радионуклидов из 10 в таблице 3 они окажутся выше УВ для критических групп населения от 1,2 до 7,7 раз. Если же эти уровни вмешательства устанавливать также по взрослому населению, но без округления, то они будут выше УВ для критических групп населения от 1,3 до 5,4 раз, то есть заметно меньше. Очевидно, что уровни вмешательства, рекомендованные ВОЗ, допускают более высокие дозы облучения за счет содержания природных радионуклидов в питьевой воде не только взрослых жителей, но и лиц из

критических групп населения в любом возрасте. Отметим также, что среднее значение отношения $УВ_{кг} / УВ_{ВОЗ}$ для 10 природных радионуклидов, перечисленных в таблице 3, составляет 0,84, в то время как для $УВ_{кг} / УВ_{РД,ВЖ}$ оно составляет ровно 1.

Таким образом, установление УВ для отдельных радионуклидов в питьевой воде по взрослому населению в определенной мере может быть оправдано тем, что при реально низких уровнях облучения людей за счет этого источника радиационный контроль воды становится исключительно простым. Однако последующее округление полученных расчетных значений УВ до порядка величины нам представляется не совсем оправданным, поскольку для большинства гигиенически значимых природных радионуклидов оно приводит к существенному повышению уровней вмешательства по дозе облучения населения (в среднем в 1,5 раза только по 10 радионуклидам, перечисленным в таблице 3).

Учитывая сказанное выше, при подготовке новой редакции НРБ-99 требования к контролю качества воды по показателям радиационной безопасности сформулированы в следующем виде: «Предварительная оценка качества питьевой воды по показателям радиационной безопасности может быть дана по удельной суммарной альфа- ($A\alpha$) и бета-активности ($A\beta$). При значениях $A\alpha$ и $A\beta$ ниже 0,2 и 1,0 Бк/кг соответственно дальнейшие исследования воды не являются обязательными. В случае превышения указанных уровней проводится анализ содержания радионуклидов в воде.

Если при совместном присутствии в воде нескольких природных и техногенных радионуклидов выполняется ус-

ловие: $\sum_i A_i / УВ_i \leq 1$, где A_i – удельная активность i -го радионуклида в воде, Бк/кг; $УВ_i$ – соответствующие уровни вмешательства по Приложению 2а, Бк/кг, то мероприятия по снижению радиоактивности питьевой воды не являются обязательными.

При невыполнении указанного условия защитные мероприятия по снижению содержания радионуклидов

Таблица 3

Значения УВ (Бк/кг) для отдельных природных радионуклидов в питьевой воде, по данным ВОЗ (индекс ВОЗ), расчетным данным для взрослых людей (РД,ВЖ) и критических групп населения (КГ)

Радионуклид	Дозовые коэффициенты, мкЗв/Бк		УВ _{ВОЗ}	УВ _{РД, ВЖ}	УВ _{КГ}	$\frac{УВ_{ВОЗ}}{УВ_{РД, ВЖ}}$	$\frac{УВ_{КГ}}{УВ_{ВОЗ}}$	$\frac{УВ_{КГ}}{УВ_{РД, ВЖ}}$
	$h_{инг, ВЖ}$	$h_{инг, КГ}$						
²³⁸ U	0,045	0,12	10,0	3,04	4,57*	3,29	0,46	1,50
²³⁴ U	0,049	0,13	10,0	2,80	4,21	3,57	0,42	1,50
²³⁰ Th	0,210	0,41	1,0	0,65	1,34	1,54	1,34	2,06
²²⁶ Ra	0,280	1,50	1,0	0,49	0,13	2,04	0,13	0,27
²¹⁰ Pb	0,690	3,60	0,1	0,20	0,15	0,50	1,50	0,75
²¹⁰ Po	1,200	8,80	0,1	0,11	0,06	0,91	0,60	0,55
²³² Th	0,230	0,45	1,0	0,60	1,22	1,67	1,22	2,03
²²⁸ Ra	0,690	5,30	0,1	0,20	0,04	0,50	0,40	0,20
²²⁸ Th	0,072	0,37	1,0	1,90	1,48	0,53	1,48	0,78
²²⁴ Ra	0,065	0,66	1,0	2,11	0,83	0,47	0,83	0,39

* При расчете УВ для критических групп водопотребление людей разных возрастных групп принято, как и в расчетах данных в таблице 1.

в питьевой воде должны осуществляться с учетом принципа оптимизации».

Принципиальные отличия этих требований от требований НРБ-99 заключаются в следующем. Во-первых, суммарные показатели радиоактивности питьевой воды в новой редакции документа перестали быть нормативами. Во-вторых, прямо введено нормирование качества питьевой воды по показателям радиационной безопасности по взрослому населению, для чего из приложения П-2 НРБ-99 исключены УВ для радионуклидов и введено самостоятельное приложение 2а, в котором приведены только УВ для отдельных радионуклидов с округлением их по простым арифметическим правилам. В-третьих, исчезла необходимость расчета доз при проведении радиационного контроля питьевой воды: контроль качества питьевой воды по показателям радиационной безопасности, так же, как и санитарно-эпидемиологическая оценка этих показателей, проводятся по прямым, непосредственно определяемым на практике величинам – удельной активности радионуклидов.

Изменение требований к показателям радиационной безопасности питьевой воды в новых нормах радиационной безопасности, очевидно, потребует серьезных усилий по переработке целого ряда нормативных и методических документов [12, 13, 14, 15 и др.], в той или иной мере связанных с контролем качества питьевого водоснабжения населения. Однако нет сомнения, что в конечном итоге только таким образом можно устранить многочисленные противоречия, которые накопились в проблеме радиационного контроля и санитарно-эпидемиологической оценки питьевого водоснабжения населения.

В заключение рассмотрим кратко еще один вопрос относительно радиационного контроля питьевой воды. В НРБ-99 приведен приоритетный перечень радионуклидов, удельную активность которых следует определять при превышении численных значений критериев первичной оценки ее радиоактивности. В Санитарных правилах СП 2.6.1.1292-03 [13] этот перечень несколько расширен, а в Методических указаниях МУ 2.6.1.1981-05 [12] расписан более детально. Между тем обоснование этого перечня должно опираться, с одной стороны, на вероятность присутствия конкретных природных и техногенных радионуклидов в воде, с другой – на их дозовые коэффициенты. При этом удалось бы одновременно значительно сократить также и сам перечень радионуклидов, которые вообще имеет смысл определять в питьевой воде.

По-видимому, нет смысла искать в воде радионуклид, у которого значение дозового коэффициента не превышает 10^{-9} Зв/Бк, поскольку вклад его в облучение людей составит менее 1 мкЗв/год. А ведь к таким относится около половины только природных радионуклидов. Однако нет смысла включать в приоритетный перечень и такой редко встречающийся в питьевой воде радионуклид, как ^{210}Po , дозовый коэффициент которого на три порядка выше, и составляет $1,6 \cdot 10^{-6}$ Зв/Бк. На наш взгляд, приоритетный перечень определяемых в питьевой воде радионуклидов подлежит серьезному анализу при последующей кардинальной переработке основных норм радиационной безопасности, поскольку от степени его обоснованности заметно зависят затраты на радиационный контроль воды.

Таким образом, в новой редакции норм радиационной безопасности требования к содержанию природных радионуклидов в воде нормируются по взрослому населению. Причем ограничения на содержание радионуклидов в воде устанавливаются по величине непосредственно определяемых прямых показателей радиационной безопасности питьевой воды, а именно – удельной активности природных радионуклидов. Это существенно упростит технологию контроля и надзора за радиационной безопасностью питьевой воды без ущерба для качества обеспечения радиационной безопасности населения.

Литература

1. Романович И.К., Стамат И.П. Совершенствование гигиенических требований по ограничению облучения населения за счет природных источников излучения // Радиационная гигиена, 2009. Т. 2, № 3.
2. Лисаченко Э.П., Стамат И.П. Природные радионуклиды в производственных отходах предприятий неурановых отраслей (обзор) // Радиационная гигиена, 2009 Т. 2, № 2, с. 64–71.
3. Федеральный Закон «О радиационной безопасности населения» № 3-ФЗ от 09.01.96 г.
4. Международные основные нормы безопасности для защиты населения от ионизирующего излучения и безопасного обращения с источниками излучения. Вена: МАГАТЭ, 1997. 382 с.
5. Источники и эффекты ионизирующего излучения: Отчет НКДАР ООН 2000 года Генеральной Ассамблее с научными приложениями. Том 1: Источники (часть 1) [Пер. с англ., под ред. Акад. РАМН Л.А. Ильина и проф. С.П. Ярмащенко]. М.: РАДЭКОН, 2002. 308 с.
6. Человек. Медико-биологические данные: Публикация МКРЗ 23. М.: «Медицина», 1977. 496 с.
7. Основные анатомические и физиологические данные для использования в радиационной безопасности: референтные значения: Публикация МКРЗ 89. М.: «Медкнига», 2007. 318 с.
8. Моисеев А.А., Иванов В.И. Справочник по дозиметрии и радиационной гигиене: 4-издание, переработанное и дополненное. М.: Энергоиздат, 1990. 282 стр.
9. Guidelines for Drinking-water Quality: Third Edition. V. 1. Recommendation. World Health Organization. Geneva, 2004.
10. «Организация и проведение комплексного радиационно-гигиенического обследования системы водоснабжения г. Тверь»: Отчет. СПб: Фонд ФГУН НИИРГ, 2007.
11. «Совершенствование системы сбора информации и обеспечение функционирования Федеральных банков данных по дозам облучения персонала и населения Российской Федерации от природных, техногенных и медицинских источников по данным форм государственного статистического наблюдения за 2007 год»: Отчет. Т.4: «Обеспечение функционирования Федерального банка данных по дозам облучения населения от источников природного происхождения и анализ информации, содержащейся в формах государственного статистического наблюдения 4-ДОЗ за 2007 год». СПб: Фонд ФГУН НИИРГ, 2007.
12. Методические указания (МУ 2.6.1.1981-05). «Радиационный контроль и гигиеническая оценка источников питьевого водоснабжения и питьевой воды по показателям радиационной безопасности. Оптимизация защитных мероприятий источников питьевого водоснабжения с повышенным содержанием радионуклидов»: М., 2005.
13. Гигиенические требования по ограничению облучения

Обоснование к введению нормирования содержания радионуклидов в питьевой воде по взрослому населению

¹И.П. Стамат, ¹И.К. Романович, ²Г.А. Горский

¹ ФГУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург

² Управление Роспотребнадзора по городу Санкт-Петербургу, Санкт-Петербург

Рассматриваются вопросы перехода к нормированию содержания радионуклидов в питьевой воде по взрослому населению. Показано, что установление прямых ограничений по величине непосредственно измеряемых показателей радиационной безопасности питьевой воды – удельной активности радионуклидов – существенно упростит осуществление контроля и надзора за радиационной безопасностью питьевого водоснабжения населения.

Ключевые слова: природные источники излучения, питьевая вода, эффективная доза, дозовый коэффициент, нормирование техногенного облучения населения, ограничение облучения населения за счет природных источников излучения, уровень вмешательства.

За прошедшие примерно 10 лет после введения в действие Норм радиационной безопасности (НРБ-99) накоплен значительный научный и практический опыт обеспечения радиационной безопасности населения Российской Федерации при облучении природными источниками ионизирующего излучения. В практической реализации НРБ-99 вскрылись некоторые проблемы и противоречия. Один из таких проблемных вопросов связан с п. 5.3.5 НРБ-99 по ограничению облучения населения за счет содержания радионуклидов в питьевой воде.

Обратимся к первой части пункта 5.3.5 НРБ-99: «При содержании природных и искусственных радионуклидов в питьевой воде, создающих эффективную дозу меньше 0,1 мЗв за год, не требуется проведения мероприятий по снижению ее радиоактивности. Этому значению дозы при потреблении воды 2 кг в сутки соответствуют средние значения удельной активности за год (уровни вмешательства – УВ), приведенные в приложении П-2...».

Анализируя требования п. 5.3.5, мы видим, что, с одной стороны, нормирование ведется по аналогии с техногенными источниками и основано на понятии «критическая группа», которое изначально введено для техногенных источников (уровни вмешательства в приложении П-2). С другой стороны, при установлении того же УВ, но по эффективной дозе, эта величина оказывается привязанной к взрослому населению. И поскольку в НРБ-99 приведены дозовые коэффициенты для критических групп населения, а значения УВ для отдельных радионуклидов в питьевой воде и потребление питьевой воды – для взрослого населения, то в широкой практике реализовать требование о «защитных действиях с учетом принципа оптимизации» по отношению к источникам питьевого водоснабжения оказывается невозможным.

Кроме того, отсутствие в НРБ-99 утвержденных стандартов потребления питьевой воды для людей разных возрастных категорий приводит к тому, что при расчете доз облучения населения за счет содержания радионуклидов в воде во всех случаях приходится исходить из единого норматива потребления воды для всех групп населения.

Учитывая при этом, что в приложении П-2 приведены дозовые коэффициенты только для критических групп населения, следствием этого зачастую оказываются неоправданно жесткие требования к источникам питьевого водоснабжения.

Так, если исходить из нормы потребления питьевой воды 2 кг/сутки и дозовых коэффициентов для критических групп по приложению П-2 в НРБ-99, то при содержании ²²⁶Ra в воде, равном его УВ 0,5 Бк/кг, эффективная доза облучения людей окажется равной 0,55 мЗв/год, а для ²²⁴Ra – чуть более 1 мЗв/год. Формально в таких случаях необходимы мероприятия по снижению содержания радионуклидов в воде с учетом принципа оптимизации, хотя очевидно, что завышенные оценки доз связаны с некорректностью исходных данных для их расчетов.

Наконец, в НРБ-99 неудачно сформулированы требования к порядку радиационного контроля качества воды по показателям радиационной безопасности по результатам анализа суммарных показателей ее радиоактивности. Эти требования в форме: «... Предварительная оценка допустимости использования воды для питьевых целей может быть дана по удельной суммарной альфа (A_α)- и бета (A_β)-активности воды, которая не должна превышать 0,1 и 1,0 Бк/кг соответственно» фактически вводят нормативы на содержание радионуклидов в питьевой воде по суммарным показателям ее радиоактивности.

Далее, следуя формулировке НРБ-99, в целом ряде действующих санитарных правил нормативы на содержание радионуклидов в напитках, бутилированной воде и т.п. введены именно по суммарным показателям, что приводит к серьезным трудностям при проведении контроля и санитарно-эпидемиологической оценке качества питьевой воды по показателям радиационной безопасности.

Если обратиться к нормированию двух других основных путей облучения населения природными источниками – за счет изотопов радона в воздухе помещений и внешнего излучения, мы наглядно видим, что введенные ограничения на облучение населения за счет этих источников едины для всех возрастных групп людей. Ограничения, например, по содержанию радона в жилых и общественных зда-

ниях установлены вовсе не на основе эпидемиологических данных, хотя разница в дозовых коэффициентах для взрослого населения и детей значительна.

Рассмотрим, что произойдет, если ограничения на облучение населения за счет содержания природных радионуклидов в питьевой воде установить по взрослому населению. Формально в скрытом виде в НРБ-99 это уже сделано, хотя и весьма неоднозначно, однако прямо ни в одном из основных документов, кроме ФЗ «О радиационной безопасности населения» [3] (Статья 9, п. 2), об этом не говорится.

Проанализируем, насколько корректна сама идея введения ограничений на облучение населения за счет содержания природных радионуклидов в питьевой воде по взрослому населению. Будем исходить из того, что природному облучению население подвергается более или менее равномерно в течение всей своей жизни. Поэтому требования по обеспечению радиационной безопасности при облучении за счет данного источника, как и других регулируемых природных источников излучения, следовало бы устанавливать в форме ограничения пожизненного риска. То есть практически так же, как эти ограничения установлены для техногенного облучения населения и персонала в нормальных условиях – по суммарной дозе за жизнь и средним дозам за любые последовательные 5 лет облучения.

Если требования к содержанию радионуклидов в питьевой воде установить в соответствии с предложенной в статье [1] системой раздельных ограничений на содержание природных и техногенных радионуклидов, то фактически это будет означать, что эффективные дозы облучения населения в среднем за всю жизнь за счет потребления питьевой воды за счет содержания природных радионуклидов при допустимом содержании техногенных радионуклидов не превысят 1 мЗв/год, а эффективная доза облучения за счет содержания техногенных радионуклидов в питьевой воде будет составлять в среднем за жизнь не более 0,1 мЗв/год.

Рассмотрим далее дозовый фактор, в котором M – годовое водопотребление (кг/год), α – дозовый коэффициент для разных возрастных категорий людей (мкЗв/Бк). Физический смысл дозового фактора очевиден из его определения – это эффективная годовая доза облучения при конкретном водопотреблении людей разного возраста в расчете на единичную удельную активность данного радионуклида в воде.

Для расчета значений дозового фактора необходимо знать годовое водопотребление людей в разном возрасте и значения дозового коэффициента, которые могут быть приняты в соответствии с основными нормами безопасности МАГАТЭ [4]. По данным НКДАР ООН [5], годовое потребление воды детьми в возрасте 1 год (возрастная категория 1–2 года) составляет 150 кг, детей в возрасте 10 лет (возрастная категория 7–12 лет) – 350 кг, а лиц старше 17 лет (возрастная категория «взрослые») – 500 кг. Приведенные в публикациях МКРЗ [6, 7] сведения о водопотреблении близки к данным НКДАР ООН [5], однако наиболее детальная характеристика водопотребления людей в разном возрасте приведена в справочнике по дозиметрии и радиационной гигиене [8].

В связи с отсутствием достоверных данных о водопотреблении младенцев в возрасте до 1 года, в последу-

ющих расчетах эта возрастная категория людей не учитывалась. Нетрудно показать, что для стандартной продолжительности жизни 70 лет максимальная ошибка в оценках, связанная с этим приближением, может составить всего несколько процентов, поскольку при определении средних значений дозового фактора за всю жизнь, дозовый фактор для младенцев учитывается с весом 1/70. Водопотребление взрослых людей в расчетах принято в соответствии с НРБ-99 равным 730 кг/год, а водопотребление лиц для остальных возрастных категорий принято по данным [8] равным 182,5 кг/год для детей в возрасте от 1 до 2 лет, 255,5 кг/год – для детей в возрасте от 2 до 7 лет, 328,5 кг – для детей в возрасте от 7 до 12 лет и 511,0 кг/год – для подростков в возрасте от 12 до 17 лет.

С учетом этих данных, в таблице 1 приведены расчетные значения дозового фактора при поступлении в организм с питьевой водой основных природных радионуклидов семейств ^{238}U и ^{232}Th со значениями дозовых коэффициентов по нормам МАГАТЭ [4] свыше 0,01 мкЗв/Бк. Расчет средневзвешенных значений дозового фактора для отдельных радионуклидов проводился стандартно путем суммирования произведения дозовых факторов на длительность соответствующего возрастного периода с последующим делением на 69 лет. С учетом сказанного выше, эта величина практически не будет отличаться от средневзвешенного значения дозового фактора за 70 лет.

Из анализа данных, приведенных в таблице 1, следует, что значения дозового фактора для взрослых людей и средневзвешенные значения фактора за 69 лет жизни практически совпадают. Поэтому с точки зрения корректности оценки пожизненного риска облучения населения за счет содержания природных радионуклидов в питьевой воде разницы нет, какое из этих значений будет принято для расчетов. При этом для 6 из 10 радионуклидов в таблице 1 дозы за счет их содержания в питьевой воде будут несколько недооценены, если в расчетах использовать дозовые коэффициенты для взрослого населения: средняя за жизнь доза будет занижена от менее чем на 1% для ^{228}Th до 33% для ^{226}Ra , а для 4 радионуклидов (^{232}Th , ^{230}Th , ^{238}U и ^{234}U) она окажется завышенной на 5–11%.

Что же касается облучения критических групп населения, то серьезного анализа фактически требует только ситуация с двумя изотопами радия – ^{226}Ra и ^{228}Ra . По остальным радионуклидам к критической группе относятся дети в возрасте от 1 до 2 лет. Поэтому вследствие резкого уменьшения дозового фактора уже в последующей возрастной категории относительно высокий уровень облучения детей в возрасте 1–2 года, заметно нивелируется за счет снижения дозового коэффициента в последующие 5 лет. Так, для ^{224}Ra средневзвешенное значение дозового фактора за 5 последовательных лет для детей в возрасте от 1 до 7 лет составит 94,6 кг*мкЗв/(Бк*год) и будет отличаться от его пожизненного значения 58,27 кг*мкЗв/(Бк*год) уже в 1,62 раза, а от дозового фактора для взрослых – в 2 раза. Для ^{210}Po эти значения окажутся равными 1,33 и 1,38 соответственно. Наиболее сложной выглядит ситуация с изотопами ^{226}Ra и ^{228}Ra , для которых переход к нормированию по взрослому населению приведет к занижению дозы для критических групп в 3,8–5,4 раза соответственно.

Таблица 1

Соотношение между значениями дозового фактора (ДФ) для основных природных радионуклидов рядов ^{238}U и ^{232}Th при их поступлении с питьевой водой в организм критических групп ДФ_{кг} (выделены курсивом), взрослых жителей (ДФ_{вж}) и средневзвешенных за всю жизнь (ДФ_ж), кг*мкЗв/(Бк*год)

Радионуклид	Возраст облучаемых лиц Т, лет					ДФ _ж	ДФ _{вж} ДФ _ж	ДФ _{кг} ДФ _{вж}
	1<T≤2	2<T≤7	7<T≤12	12<T≤17	T>17			
Ряд ^{238}U								
^{238}U	21,90	20,44	22,34	34,24	32,85	31,13	1,055	0,667
^{234}U	23,73	22,48	24,31	37,81	35,77	33,95	1,054	0,663
^{230}Th	74,83	79,21	78,84	112,42	153,30	138,44	1,107	0,488
^{226}Ra	175,20	158,41	262,80	766,50	204,20	245,46	0,832	3,754
^{210}Pb	657,00	562,10	624,15	970,90	503,70	552,74	0,911	1,304
^{210}Po	1606,0	1124,20	854,10	817,60	876,00	898,75	0,975	1,833
Ряд ^{232}Th								
^{232}Th	82,13	89,43	95,27	127,75	167,90	152,80	1,099	0,489
^{228}Ra	1040,25	868,70	1281,41	2708,30	503,70	754,03	0,668	5,377
^{228}Th	67,53	56,21	49,28	48,03	52,56	52,48	0,996	1,285
^{224}Ra	120,45	89,43	85,41	102,2	47,45	58,27	0,814	2,549

Таким образом, если ограничения на содержание природных радионуклидов в питьевой воде вводить, исходя из значений дозовых коэффициентов для взрослого населения, максимальная годовая эффективная доза облучения людей за счет содержания двух радионуклидов – ^{226}Ra и ^{228}Ra в воде в любом возрасте будет отличаться от средней дозы за всю жизнь менее чем в 5,4 раза, а для остальных – менее чем на 35%. Конечно, такие различия даже для отдельных природных радионуклидов нельзя считать незначительными, однако следует учитывать, что в данном случае речь идет об очень низких дозах облучения на уровне 0,1 мЗв/год или менее.

Отметим, что в рекомендациях ВОЗ [9] (п. 9.3) прямо указано, что расчеты значений УВ для природных и техногенных радионуклидов в питьевой воде следует проводить с использованием дозовых коэффициентов для взрослого населения из расчета их водопотребления 730 кг/год. Поэтому для принятия решения о возможности перехода к такому подходу, рассмотрим таблицу 2, в которой приведены сравнительные данные по значениям УВ для питьевой воды по [9] и НРБ-99, а также их расчетные значения с учетом дозовых коэффициентов для основных природных радионуклидов по [4] для взрослого населения. Учтем при этом, что в примечании к таблице 9.3 в [9] указано, что рекомендуемые значения УВ для отдельных радионуклидов округлены по принципу: при значениях УВ ниже $3 \cdot 10^n$ и выше $3 \cdot 10^{n+1}$ Бк/кг, для них принимались значения 10^n и 10^{n+1} Бк/кг, соответственно.

Нетрудно видеть, что при таком округлении ошибка в расчетах доз облучения людей за счет содержания отдельных радионуклидов в питьевой воде реально достигает практически тех же значений, которые получаются для изотопов ^{226}Ra и ^{228}Ra при переходе к нормированию радиационной безопасности питьевой воды по взрослому населению. Это хорошо видно из сравнения рекомендуемых ВОЗ в [9] и расчетных значений УВ в таблице 2: для ^{238}U они отличаются почти в 3,3 раза, для ^{234}U – в 3,6 раза, а для остальных радионуклидов – до 2 раз.

Таблица 2

Значения УВ (Бк/кг) для отдельных природных радионуклидов по НРБ-99, [9] и расчетным данным при значениях дозовых коэффициентов $h_{\text{инг}}$, мкЗв/Бк [4]

Радионуклид	Данные [9]		Данные НРБ-99*		Расчетные данные	
	$h_{\text{инг}}$	УВ	$h_{\text{инг}}$	УВ	$h_{\text{инг}}$ **	УВ
Ряд ^{238}U						
^{238}U	0,045	10,0	0,12	3,10	0,045	3,04
^{234}U	0,049	10,0	0,13	2,90	0,049	2,80
^{230}Th	0,210	1,0	0,41	0,66	0,210	0,65
^{226}Ra	0,280	1,0	1,50	0,50	0,280	0,49
^{210}Pb	0,690	0,1	3,60	0,20	0,690	0,20
^{210}Po	1,200	0,1	8,80	0,12	1,200	0,11
Ряд ^{232}Th						
^{232}Th	0,230	1,0	0,45	0,60	0,230	0,60
^{228}Ra	0,690	0,1	5,30	0,20	0,690	0,20
^{228}Th	0,072	1,0	0,37	1,90	0,072	1,90
^{224}Ra	0,065	1,0	0,66	2,10	0,065	2,11

* Значения $h_{\text{инг}}$ и УВ приняты по данным Приложения П-2 к НРБ-99.

** Значения $h_{\text{инг}}$ приняты по данным [4].

Таким образом, переходя к нормированию содержания природных радионуклидов в воде по взрослому населению, мы допускаем при этом значительную недооценку вклада в дозу фактически только по ^{226}Ra и ^{228}Ra , а в случае установления значений УВ с приведенным выше правилом округления мы соглашаемся с недооценкой доз по всем радионуклидам.

Рассмотрим эту ситуацию более подробно, учитывая при этом, что ВОЗ рекомендует устанавливать УВ для радионуклидов в питьевой воде по взрослому населению

одновременно с указанным выше способом округления их числовых значений. Для этого сравним значения УВ для 10 основных природных радионуклидов, полученные с учетом их округления по указанному выше принципу, с их значениями для критических групп населения и для взрослых людей, которые приведены в таблице 3.

Из анализа данных таблицы 3 следует, что только за счет округления принятые ВОЗ уровни вмешательства для 5 из 10 наиболее значимых природных радионуклидов в питьевой воде оказались завышенными от 1,5 до 3,6 раз, а для остальных 5 – заниженными на 9–53%. Причем для наиболее распространенного в природных водах ²²⁶Ra установлен УВ примерно в 2 раза выше его точного значения, так что фактически уровень вмешательства для этого радионуклида в питьевой воде по дозе облучения взрослого населения увеличен до 0,2 мЗв/год. По ²²⁸Ra УВ, наоборот, принят примерно вдвое ниже его точного значения.

Что же касается соотношения между УВ для радионуклидов в питьевой воде для критических групп населения, приведенных в НРБ-99, и рекомендованных ВОЗ уровней вмешательства, то, как видно из данных таблицы 3, различия между ними достигают 7,7 и 2,5 раз по ²²⁶Ra и ²²⁸Ra соответственно. Без округления эти различия уменьшаются соответственно до 3,8 и 5,4 раз для ²²⁶Ra и ²²⁸Ra.

Если УВ для основных природных радионуклидов в питьевой воде устанавливать в соответствии с рекомендациями ВОЗ (по взрослому населению с соответствующим округлением полученных значений), то для 6 радионуклидов из 10 в таблице 3 они окажутся выше УВ для критических групп населения от 1,2 до 7,7 раз. Если же эти уровни вмешательства устанавливать также по взрослому населению, но без округления, то они будут выше УВ для критических групп населения от 1,3 до 5,4 раз, то есть заметно меньше. Очевидно, что уровни вмешательства, рекомендованные ВОЗ, допускают более высокие дозы облучения за счет содержания природных радионуклидов в питьевой воде не только взрослых жителей, но и лиц из

критических групп населения в любом возрасте. Отметим также, что среднее значение отношения $УВ_{кг}/УВ_{ВОЗ}$ для 10 природных радионуклидов, перечисленных в таблице 3, составляет 0,84, в то время как для $УВ_{кг}/УВ_{РД,ВЖ}$ оно составляет ровно 1.

Таким образом, установление УВ для отдельных радионуклидов в питьевой воде по взрослому населению в определенной мере может быть оправдано тем, что при реально низких уровнях облучения людей за счет этого источника радиационный контроль воды становится исключительно простым. Однако последующее округление полученных расчетных значений УВ до порядка величины нам представляется не совсем оправданным, поскольку для большинства гигиенически значимых природных радионуклидов оно приводит к существенному повышению уровней вмешательства по дозе облучения населения (в среднем в 1,5 раза только по 10 радионуклидам, перечисленным в таблице 3).

Учитывая сказанное выше, при подготовке новой редакции НРБ-99 требования к контролю качества воды по показателям радиационной безопасности сформулированы в следующем виде: «Предварительная оценка качества питьевой воды по показателям радиационной безопасности может быть дана по удельной суммарной альфа- ($A\alpha$) и бета-активности ($A\beta$). При значениях $A\alpha$ и $A\beta$ ниже 0,2 и 1,0 Бк/кг соответственно дальнейшие исследования воды не являются обязательными. В случае превышения указанных уровней проводится анализ содержания радионуклидов в воде.

Если при совместном присутствии в воде нескольких природных и техногенных радионуклидов выполняется условие: $\sum A_i / УВ_i \leq 1$, где A_i – удельная активность i -го радионуклида в воде, Бк/кг; $УВ_i$ – соответствующие уровни вмешательства по Приложению 2а, Бк/кг, то мероприятия по снижению радиоактивности питьевой воды не являются обязательными.

Таблица 3

Значения УВ (Бк/кг) для отдельных природных радионуклидов в питьевой воде, по данным ВОЗ (индекс ВОЗ), расчетным данным для взрослых людей (РД,ВЖ) и критических групп населения (КГ)

Радионуклид	Дозовые коэффициенты, мкЗв/Бк		УВ _{ВОЗ}	УВ _{РД, ВЖ}	УВ _{КГ}	$\frac{УВ_{ВОЗ}}{УВ_{РД, ВЖ}}$	$\frac{УВ_{КГ}}{УВ_{ВОЗ}}$	$\frac{УВ_{КГ}}{УВ_{РД, ВЖ}}$
	$h_{инг, ВЖ}$	$h_{инг, КГ}$						
²³⁸ U	0,045	0,12	10,0	3,04	4,57*	3,29	0,46	1,50
²³⁴ U	0,049	0,13	10,0	2,80	4,21	3,57	0,42	1,50
²³⁰ Th	0,210	0,41	1,0	0,65	1,34	1,54	1,34	2,06
²²⁶ Ra	0,280	1,50	1,0	0,49	0,13	2,04	0,13	0,27
²¹⁰ Pb	0,690	3,60	0,1	0,20	0,15	0,50	1,50	0,75
²¹⁰ Po	1,200	8,80	0,1	0,11	0,06	0,91	0,60	0,55
²³² Th	0,230	0,45	1,0	0,60	1,22	1,67	1,22	2,03
²²⁸ Ra	0,690	5,30	0,1	0,20	0,04	0,50	0,40	0,20
²²⁸ Th	0,072	0,37	1,0	1,90	1,48	0,53	1,48	0,78
²²⁴ Ra	0,065	0,66	1,0	2,11	0,83	0,47	0,83	0,39

* При расчете УВ для критических групп водопотребление людей разных возрастных групп принято, как и в расчетах данных в таблице 1.

При невыполнении указанного условия защитные мероприятия по снижению содержания радионуклидов в питьевой воде должны осуществляться с учетом принципа оптимизации».

Принципиальные отличия этих требований от требований НРБ-99 заключаются в следующем. Во-первых, суммарные показатели радиоактивности питьевой воды в новой редакции документа перестали быть нормативами. Во-вторых, прямо введено нормирование качества питьевой воды по показателям радиационной безопасности по взрослому населению, для чего из приложения П-2 НРБ-99 исключены УВ для радионуклидов и введено самостоятельное приложение 2а, в котором приведены только УВ для отдельных радионуклидов с округлением их по простым арифметическим правилам. В-третьих, исчезла необходимость расчета доз при проведении радиационного контроля питьевой воды: контроль качества питьевой воды по показателям радиационной безопасности, так же, как и санитарно-эпидемиологическая оценка этих показателей, проводятся по прямым, непосредственно определяемым на практике величинам – удельной активности радионуклидов.

Изменение требований к показателям радиационной безопасности питьевой воды в новых нормах радиационной безопасности, очевидно, потребует серьезных усилий по переработке целого ряда нормативных и методических документов [12, 13, 14, 15 и др.], в той или иной мере связанных с контролем качества питьевого водоснабжения населения. Однако нет сомнения, что в конечном итоге только таким образом можно устранить многочисленные противоречия, которые накопились в проблеме радиационного контроля и санитарно-эпидемиологической оценки питьевого водоснабжения населения.

В заключение рассмотрим кратко еще один вопрос относительно радиационного контроля питьевой воды. В НРБ-99 приведен приоритетный перечень радионуклидов, удельную активность которых следует определять при превышении численных значений критериев первичной оценки ее радиоактивности. В Санитарных правилах СП 2.6.1.1292-03 [13] этот перечень несколько расширен, а в Методических указаниях МУ 2.6.1.1981-05 [12] расписан более детально. Между тем обоснование этого перечня должно опираться, с одной стороны, на вероятность присутствия конкретных природных и техногенных радионуклидов в воде, с другой – на их дозовые коэффициенты. При этом удалось бы одновременно значительно сократить также и сам перечень радионуклидов, которые вообще имеет смысл определять в питьевой воде.

По-видимому, нет смысла искать в воде радионуклид, у которого значение дозового коэффициента не превышает 10^{-9} Зв/Бк, поскольку вклад его в облучение людей составит менее 1 мкЗв/год. А ведь к таким относится около половины только природных радионуклидов. Однако нет смысла включать в приоритетный перечень и такой редко встречающийся в питьевой воде радионуклид, как ^{210}Po , дозовый коэффициент которого на три порядка выше, и составляет $1,6 \cdot 10^{-6}$ Зв/Бк. На наш взгляд, приоритетный перечень определяемых в питьевой воде радионуклидов подлежит серьезному анализу при последующей кардинальной переработке основных норм радиационной безопасности, поскольку от степени его обо-

снованности заметно зависят затраты на радиационный контроль воды.

Таким образом, в новой редакции норм радиационной безопасности требования к содержанию природных радионуклидов в воде нормируются по взрослому населению. Причем ограничения на содержание радионуклидов в воде устанавливаются по величине непосредственно определяемых прямых показателей радиационной безопасности питьевой воды, а именно – удельной активности природных радионуклидов. Это существенно упростит технологию контроля и надзора за радиационной безопасностью питьевой воды без ущерба для качества обеспечения радиационной безопасности населения.

Литература

1. Романович И.К., Стамат И.П. Совершенствование гигиенических требований по ограничению облучения населения за счет природных источников излучения // Радиационная гигиена, 2009. Т. 2, № 3.
2. Лисаченко Э.П., Стамат И.П. Природные радионуклиды в производственных отходах предприятий неурановых отраслей (обзор) // Радиационная гигиена, 2009 Т. 2, № 2, с. 64–71.
3. Федеральный Закон «О радиационной безопасности населения» № 3-ФЗ от 09.01.96 г.
4. Международные основные нормы безопасности для защиты населения от ионизирующего излучения и безопасного обращения с источниками излучения. Вена: МАГАТЭ, 1997. 382 с.
5. Источники и эффекты ионизирующего излучения: Отчет НКДАР ООН 2000 года Генеральной Ассамблее с научными приложениями. Том 1: Источники (часть 1) [Пер. с англ., под ред. Акад. РАМН Л.А. Ильина и проф. С.П. Ярмоненко]. М.: РАДЭКОН, 2002. 308 с.
6. Человек. Медико-биологические данные: Публикация МКРЗ 23. М.: «Медицина», 1977. 496 с.
7. Основные анатомические и физиологические данные для использования в радиационной безопасности: референтные значения: Публикация МКРЗ 89. М.: «Медкнига», 2007. 318 с.
8. Моисеев А.А., Иванов В.И. Справочник по дозиметрии и радиационной гигиене: 4-издание, переработанное и дополненное. М.: Энергоиздат, 1990. 282 стр.
9. Guidelines for Drinking-water Quality: Third Edition. V. 1. Recommendation. World Health Organization. Geneva, 2004.
10. «Организация и проведение комплексного радиационно-гигиенического обследования системы водоснабжения г. Тверь»: Отчет. СПб: Фонд ФГУН НИИРГ, 2007.
11. «Совершенствование системы сбора информации и обеспечение функционирования Федеральных банков данных по дозам облучения персонала и населения Российской Федерации от природных, техногенных и медицинских источников по данным форм государственного статистического наблюдения за 2007 год»: Отчет. Т.4: «Обеспечение функционирования Федерального банка данных по дозам облучения населения от источников природного происхождения и анализ информации, содержащейся в формах государственного статистического наблюдения 4-ДОЗ за 2007 год». СПб: Фонд ФГУН НИИРГ, 2007.
12. Методические указания (МУ 2.6.1.1981-05). «Радиационный контроль и гигиеническая оценка источников питьевого водоснабжения и питьевой воды по показателям радиационной безопасности. Оптимизация защитных мероприятий источников питьевого водоснабжения с повышенным содержанием радионуклидов»: М., 2005.

13. Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения. Санитарные правила (СП 2.6.1.1292-03). М.: Минздрав России, 2003. 37 с.
14. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы (СанПиН 2.3.2.1078-01): утв. 14.11.2001. Взамен СанПиН 2.3.2.560-96. М.: Минздрав России, 2002. 168 с.
15. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы (СанПиН 2.1.4.1116-02). М.: Минздрав России, 2002.

¹I.P. Stamat, ¹I.K. Romanovich, ²G.A. Gorsky

Justification to the introduction of regulation for radionuclide content in the drinking water according to adult population

¹ Federal Scientific Organization «Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev» of Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-being, Saint-Petersburg

²Administration of the Rospotrebnadzor in Saint-Petersburg, Saint-Petersburg

Abstract. The article addresses issues of regulation of radionuclide content in the drinking water according to adult population. It is shown that setting of direct limits on the base of value of directly measured drinking water for radiation safety indicators – radionuclide specific activity will substantially simplify the control and supervision of the drinking water radiation safety without losses of the quality of population radiation protection

Key words: natural irradiation sources, natural radionuclides, drinking water, effective exposure dose from natural irradiation sources, regulation of artificial population exposure, limitation of population exposure from natural irradiation sources

Поступила: 18.08.2009 г.

И.П. Стамат
Тел. (812) 232-43-29;
E-mail: istamat@mail.ru