

К обоснованию числового значения критерия предварительной оценки качества питьевой воды по удельной суммарной альфа-активности

И.К. Романович, М.В. Кадука, Ю.Н. Гончарова, Н.С. Швыдко, В.Н. Шутов

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

В настоящей работе приведен анализ данных о содержании природных радионуклидов в питьевой воде источников подземного водоснабжения Российской Федерации, полученных в результате многолетних исследований. На основании проведенного анализа выполнена оценка доз внутреннего облучения населения за счет потребления питьевой воды и предложен оптимальный критерий предварительной оценки допустимости использования воды для питьевых целей по удельной суммарной альфа-активности.

Ключевые слова: удельная суммарная альфа-активность, критерий предварительной оценки допустимости использования воды для питьевых целей, природные радионуклиды, уровни вмешательства, дозы облучения за счет потребления питьевой воды.

Многолетние исследования, выполненные сотрудниками радиохимической лаборатории Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева (ФГУН НИИРГ), показали, что при превышении принятого в НРБ-99 критерия предварительной оценки допустимости использования воды для питьевых целей по удельной суммарной альфа-активности в значительном числе случаев рекомендуемый уровень ожидаемой эффективной дозы облучения населения за счет потребления питьевой воды не превышает. С одной стороны, это с избытком гарантирует соблюдение требований нормативных документов в области обеспечения радиационной безопасности населения. С другой стороны, при превышении критерия предварительной оценки допустимости использования воды для питьевых целей по удельной суммарной альфа- и бета-активности, необходимо производить определение содержания отдельных радионуклидов в питьевой воде. Радиохимический анализ питьевой воды с определением удельных активностей природных и техногенных радионуклидов – это сложный и дорогостоящий процесс. Возникает вопрос, всегда ли оправдан радиохимический анализ питьевой воды при превышении критерия предварительной оценки по удельной суммарной альфа-активности и какое значение критерия удельной суммарной альфа-активности наиболее полно удовлетворяет требованиям по соблюдению радиационной безопасности и не приводит к значительным излишним затратам по контролю за качеством питьевой воды.

В этой связи нами предпринята попытка проанализировать отечественные документы по нормированию питьевой воды и международные рекомендации в этой же области, а также провести анализ результатов многолетних собственных исследований питьевой воды, отобранной в различных регионах Российской Федерации для установления оптимальной величины критерия предварительной оценки допустимости использования воды для питьевых целей по удель-

ной суммарной альфа-активности, при соблюдении которого можно с высокой степенью вероятности гарантировать, что рекомендуемый уровень годовой ожидаемой эффективной дозы за счет потребления питьевой воды (0,1 мЗв/год) не будет превышен. Это позволит сократить число обязательных дорогостоящих исследований радионуклидного состава и удельных активностей радионуклидов в питьевой воде с гарантией сохранения качества воды по радиационному фактору.

Нормы радиационной безопасности (НРБ-99) в п. 5.3.5. регламентируют: «...Предварительная оценка допустимости использования воды для питьевых целей может быть дана по удельной суммарной альфа (A_α)- и бета (A_β)-активности, которая не должна превышать 0,1 и 1,0 Бк/кг соответственно. Выполнение условия $A_\alpha \leq 0,1$ Бк/кг гарантирует не превышение в пробе воды величины уровня вмешательства ($УВ^{вода}$) самого жестко нормируемого β -излучателя ^{210}Po ($УВ^{вода} = 0,12$ Бк/кг). При измеренном значении $0,1 < A_\alpha \leq 0,2$ Бк/кг по действующим нормативным документам [2] в воде водоисточника рекомендуется определить содержание ^{210}Po и ^{210}Pb (одного из самых жестко нормируемых β -излучателей $УВ^{вода} = 0,2$ Бк/кг). При измеренном значении $0,2 < A_\alpha \leq 0,4$ Бк/кг в воде водоисточника рекомендуется определить содержание ^{210}Po , ^{210}Pb , ^{228}Ra ($УВ^{вода} = 0,2$ Бк/кг) и ^{226}Ra ($УВ^{вода} = 0,5$ Бк/кг).

Таким образом, принятая в нормативных документах достаточно жесткая величина критерия предварительной оценки допустимости использования воды для питьевых целей $A \leq 0,1$ Бк/кг обеспечивает выявление случаев превышения значений $УВ^{вода}$ как для альфа-излучающих, так и (косвенно) для бета-излучающих радионуклидов, присутствующих в питьевой воде.

При совместном присутствии в питьевой воде нескольких радионуклидов, как природных, так и техногенных (в районах техногенного загрязнения), в соответствии с НРБ-99 должно выполняться условие:

$$\sum(A_i/УВ_i) \leq 1,0 \quad (1)$$

При оценке показателей радиационной безопасности источников питьевого водоснабжения населения методика радиационного контроля должна обеспечить определение основных дозообразующих природных радионуклидов на уровне не менее точном, чем 0,2 от УВ_i с обязательным повторным определением суммарной α - и β -активности из объема водной пробы, представленной для анализа. Это необходимо для подтверждения соответствия суммарных удельных активностей и суммы удельных активностей выделенных радионуклидов.

Выполнение условия (1) гарантирует, что доза внутреннего облучения населения за счет потребления питьевой воды из обследованной скважины не превысит 0,1 мЗв/год. По действующим нормативным документам при содержании природных и искусственных радионуклидов в питьевой воде, создающих эффективную дозу облучения населения меньше 0,1 мЗв/год, не требуется проведения мероприятий по снижению ее радиоактивности [1, 2].

Указанная величина (0,1 мЗв/год) соответствует рекомендованному Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) референтному дозовому уровню ожидаемой эффективной дозы, равному 0,1 мЗв, за счет потребления питьевой воды в течение одного года (с учетом возможного радиоактивного загрязнения питьевой воды, потребляемой за год). Эта величина является 10% квотой от годового дозового предела для населения, рекомендованного МКРЗ. Эти положения приняты большинством государств – членом ВОЗ, Европейской Комиссией, Всемирной организацией по контролю пищевых продуктов и сельскохозяйственного производства (ФАО) и ВОЗ [3].

Однако предварительные критерии оценки качества питьевой воды, рекомендуемые ВОЗ и представленные в таблице 1 [3], значительно отличаются от требований НРБ-99. Так, ВОЗ рекомендует устанавливать суммарную удельную альфа-активность (A_α) на уровне 0,5 Бк/л, что в 5 раз превышает соответствующий показатель НРБ-99.

Таблица 1

Критерии предварительной оценки качества питьевой воды по удельной суммарной альфа- (A_α) и бета-активности (A_β), рекомендуемые ВОЗ и установленные НРБ-99

Радионуклид (показатель)	Контрольный уровень Рекомендации ВОЗ, Бк/л	НРБ-99, Бк/кг
A_α	0,5	0,1
A_β	1,0	1,0

Насколько оправданы значения критерия оценки качества питьевой воды по суммарной альфа-активности в 0,1 Бк/кг, установленные в НРБ-99 и 0,5 Бк/л, рекомендуемое ВОЗ, попробуем оценить на основе анализа проб воды, выполненных во ФГУН НИИРГ.

Измерения удельной активности радионуклидов и суммарной удельной активности альфа- и бета-излучающих радионуклидов в питьевой воде с применением альфа-бета радиометра и альфа-спектрометра выполнялись в соответствии с утвержденной Методикой выполнения измерений (МВИ) (Свидетельство ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» Федерального государственного агентства по

техническому регулированию и метрологии № 1212/07 от 26 октября 2007 г.) [4]. Данная методика обеспечивает определение суммарных радиологических показателей воды и удельной активности природных радионуклидов (^{226}Ra , ^{224}Ra , ^{228}Ra , ^{210}Po , ^{210}Pb , ^{210}Bi , ^{238}U , ^{234}U , ^{232}Th , ^{228}Th , ^{230}Th , ^{40}K) из одной пробы воды. Для определения суммарной альфа- и бета-активности отбирают пробу воды массой 1 кг, для определения удельной активности перечисленных радионуклидов – 10 кг.

Для определения суммарной альфа- и бета-активности отобранную пробу воды упаривают до сухого остатка, после прокаливании которого при 250–300°C приготавливают счетный образец для измерения активности на альфа-бета радиометре УМФ-2000, отградуированном в единицах активности.

При определении удельной активности природных радионуклидов МВИ предусматривает концентрирование пробы, селективное выделение группы изотопов одного или нескольких элементов, отделение их от макрокомпонентов, радиохимическую очистку каждого радионуклида и приготовление счетного образца для радиометрического или спектрометрического измерения величины его активности и расчета удельной активности. Проведение радионуклидного анализа воды с использованием 10 кг исходного материала позволяет обеспечить минимально измеряемую удельную активность, равную 0,2 (и меньше) от величины уровня вмешательства (УВ) для каждого определяемого радионуклида, что соответствует требованиям нормативных документов, в частности методических указаний МУ 2.6.1.1981-05 [2].

В период с 1998 по 2009 год во ФГУН НИИРГ осуществлен отбор проб воды из артезианских скважин в г. Санкт-Петербурге и в населенных пунктах, расположенных на территории Ленинградской, Псковской, Новгородской, Архангельской, Вологодской областей, Республики Карелия, Тверской, Воронежской, Липецкой, Брянской, Оренбургской, Челябинской областей, а также Татарстана. В воде 238 проб были определены величины суммарной удельной альфа- и бета-активности и удельных активностей ^{226}Ra , ^{224}Ra , ^{228}Ra , ^{210}Pb , ^{210}Po , ^{238}U , ^{222}Rn , а также рассчитан показатель $S(\text{Ai}/\text{УВ}_i)$. Максимальная ошибка определения показателей не превышала 50%.

Полученные величины суммарной удельной альфа- и бета-активности проб воды представлены в таблице 2.

Таблица 2

Суммарная удельная альфа и бета-активность (A_α и A_β) проб воды исследованных артезианских скважин Северо-Западного региона России, Бк/кг

Показатель	Среднее значение	Диапазон значений	Значение критерия предварительной оценки
A_α	0,50	0,011–12,6	0,1
A_β	0,44	0,020–6,30	1,0

Анализ полученных результатов показал, что превышение критерия предварительной оценки допустимости использования воды для питьевых целей по показателю удельной суммарной альфа-активности A_α (0,1 Бк/кг) было обнаружено для 84% исследованных проб, причем слу-

чаи превышения данной величины были установлены для всех обследованных территорий. Критерий предварительной оценки допустимости использования воды для питьевых целей по показателю удельной суммарной бета-активности A_{β} (1 Бк/кг) был превышен только для обследованных артезианских скважин Санкт-Петербурга и Ленинградской области (6% скважин) и Тверской области (5,6% скважин).

Результаты радиохимического определения величин удельной активности основных дозообразующих радионуклидов и расчет величины показателя $e(A_i/UB_i)$ для отобранных проб представлены в таблице 3. Там же представлены данные о случаях превышения значений UB_i для определявшихся радионуклидов.

Из представленных в таблице 3 данных следует, что средние величины удельной активности природных радионуклидов в водах обследованных скважин не превышают установленные для них UB_i , однако усредненное значение величины $\Sigma(A_i/UB_i)$ превышает установленное в нормативных документах условие соответствия воды показателям радиационной безопасности (условие 1).

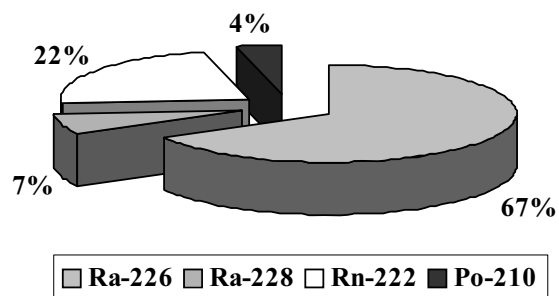


Рис. 1. Вклад числа превышений величин UB_i , регламентированных НРБ-99 и МУ 2.6.1.1981-05, за счет различных радионуклидов в общее число случаев превышений UB_i

Таблица 3

Средняя удельная активность природных радионуклидов в пробах воды исследованных артезианских скважин (Бк/кг) и среднее значение $\Sigma(A_i/UB_i)$

Значение	^{226}Ra	^{224}Ra	^{228}Ra	^{210}Pb	^{210}Po	^{238}U	^{222}Rn	$\Sigma(A_i/UB_i)$
Среднее	0,350	0,032	0,040	0,009	0,011	0,026	36	1,43
Минимальное	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	5,0	0,06
Максимальное	10,8	0,62	3,1	0,16	0,48	0,81	1560	26
UB	0,5	2,1	0,2	0,2	0,12	3,1	60	1,0
% случаев превышения UB	19	0	2,1	0	1,3	0	6,3	37

Основной вклад в число превышений величин UB_i а значит условия (1) и, соответственно, дозы внутреннего облучения за счет потребления питьевой воды, вносят три радионуклида: ^{226}Ra , ^{228}Ra и ^{222}Rn . Однако при этом не исключены и случаи превышения величин UB_i , обусловленные присутствием в воде других дозообразующих радионуклидов. Например, обнаружено превышение величины UB_i для ^{210}Po в воде артезианских скважин, расположенных на территориях Новгородской и Тверской областей. Превышений величин UB_i для ^{224}Ra , ^{210}Pb и ^{238}U выявлено не было.

На рисунке 1 представлен вклад числа превышений пределов, регламентированных НРБ-99 и МУ 2.6.1.1981-05 для основных дозообразующих радионуклидов в общее число превышений, обнаруженных в результате радиохимического анализа отобранных проб питьевой воды.

В результате проведенных исследований было обнаружено, что основной вклад (67%) в общее число превышений величин гигиенических критериев оценки соответствия питьевой воды показателям радиационной безопасности и, соответственно, в дозу внутреннего облучения населения за счет потребления питьевой воды, вносит ^{226}Ra . Значительный вклад (22%) в общее число превышений величин UB_i , регламентированных нормативными документами, вносит ^{222}Rn , и значительно меньше приходится на долю ^{228}Ra (7%) и ^{210}Po (4%).

Нами выявлено, что превышение регламентированного нормативными документами значения величины A_{α} характерно для большинства (84%) исследованных проб воды. В то же время при незначительном превышении суммарной удельной альфа-активности (до 0,2 Бк/кг) сумма отношений выявленных удельных активностей радионуклидов в исследуемой воде к их уровням вмешательства (условие 1) не превышает единицы, т. е. питьевая вода соответствует требованиям радиационной безопасности. В этом случае и дозовые нагрузки на население, регламентируемые НРБ-99 (0,1 мЗв/год), будут ниже этой величины, несмотря на то, что величина $A_{\alpha} > 0,1$ Бк/кг. Доля превышений 1,0 суммы отношений определенных удельных активностей радионуклидов в исследуемой воде к соответствующим уровням вмешательства ($\Sigma(A_i/UB_i) \leq 1,0$, условие 1), а также значения суммарных эффективных доз облучения населения за счет потребления питьевой воды из обследованных скважин при различных величинах удельной суммарной альфа-активности приведены в таблице 4.

Результаты исследований показали, что при $A_{\alpha} \leq 0,2$ Бк/кг ни для одного из исследованных подземных источников водоснабжения не было нарушено условие (1), т. е. сумма отношений определенных удельных активностей радионуклидов в исследуемой воде к их уровням вмешательства не превышала 1, а доза внутреннего облучения населения за счет потребления воды из таких скважин – 0,095 мЗв/год.

Таблица 4

Общее количество исследованных проб, число обнаруженных случаев превышения условия (1) соответственно значению удельной суммарной альфа-активности, средние величины и диапазон суммарных эффективных доз облучения (СГЭД) населения России за счет потребления питьевой воды (по результатам собственных исследований)

Значение величины A_α	Количество проб	Число случаев превышений условия $\Sigma(A_i/U_i) \leq 1,0$	Средние величины СГЭД, мЗв/год	Диапазон СГЭД, мЗв/год
$A_\alpha \leq 0,1$	41 (17,2%)	0 (0%)	0,022	0,006–0,077
$0,1 < A_\alpha \leq 0,2$	64 (27%)	0 (0%)	0,054	0,022–0,095
$0,2 < A_\alpha \leq 0,3$	32 (13,4%)	4 (12%)	0,074	0,034–0,12
$0,3 < A_\alpha \leq 0,4$	20 (8,4%)	5 (25%)	0,092	0,040–0,13
$0,4 < A_\alpha \leq 0,5$	16 (6,7%)	9 (56%)	0,12	0,064–0,19
$0,5 < A_\alpha \leq 1,0$	42 (17,6%)	32 (76%)	0,18	0,081–0,27
$A_\alpha > 1,0$	23 (9,7%)	23 (100%)	0,54	0,17–3,0

При значении A_α от 0,21 до 0,3 Бк/кг сумма соотношений определенных удельных активностей радионуклидов в исследуемой воде к их уровням вмешательства превышала 1 в 12% случаев, а при значениях A_α от 0,21 до 0,5 Бк/кг – в 56% случаев. При значении суммарного показателя воды из скважины $0,2 < A_\alpha \leq 0,5$ Бк/кг доза облучения населения за счет потребления такой воды может достигать 0,19 мЗв/год, превышая практически в два раза рекомендуемое значение референтного дозового уровня.

Таким образом, результаты наших исследований свидетельствуют о том, что при потреблении воды из скважин, значение удельной суммарной активности для которых составляет 0,2 Бк/кг и менее ($A_\alpha \leq 0,2$ Бк/кг), сумма соотношений определенных удельных активностей радионуклидов в исследуемой воде к их уровням вмешательства не превысит 1, а доза внутреннего облучения населения за счет потребления воды из таких скважин – 0,1 мЗв/год, а следовательно, не превысит рекомендованного Российскими

ми нормативными документами и международными рекомендациями референтного дозового уровня, равного 0,1 мЗв/год. Если же следовать критерию предварительной оценки качества питьевой воды по удельной суммарной альфа-активности ($A_\alpha \leq 0,5$ Бк/кг), рекомендованному ВОЗ [3], то в 56% случаев, при достижении значения $A_\alpha \leq 0,5$ Бк/кг, отношение определенных удельных активностей радионуклидов в исследуемой воде к их уровням вмешательства превысит единицу.

Представленные результаты исследования и явились основанием для внесения предложения о включении в проект Норм радиационной безопасности (НРБ-99/2009) значения удельной суммарной альфа-активности $A_\alpha \leq 0,2$ Бк/кг как одного из критериев предварительной оценки качества питьевой воды. Только при его превышении следует производить более детальные исследования воды с определением изотопного состава и величин удельных активностей основных дозообразующих радионуклидов.

Введение в НРБ-99/2009 менее жесткого критерия предварительной оценки качества питьевой воды по удельной суммарной альфа-активности на уровне $A_\alpha \leq 0,2$ Бк/кг позволит избежать примерно в 27% случаев выполнения сложного и дорогостоящего радиохимического исследования питьевой воды подземных водоисточников без снижения уровня радиационной безопасности населения.

Литература

1. Санитарные правила. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). М.: Минздрав России, 1995. 116 с.
2. Радиационный контроль и гигиеническая оценка источников питьевого водоснабжения и питьевой воды по показателям радиационной безопасности. Методические указания МУ 2.6.1.1981-05. М.: 2005, 34 с.
3. World Health Organization. Guidelines for Drinking-Water Quality. Vol. 1: 3rd ed. ISBN 92 4 154638 7. Geneva, 2004, P. 197–209.
4. Методика выполнения измерений удельной активности радионуклидов ^{238}U , ^{234}U , ^{232}Th , ^{230}Th , ^{228}Th , ^{228}Ra , ^{226}Ra , ^{224}Ra , ^{210}Pb , ^{210}Po , ^{40}K , ^{137}Cs , ^{90}Sr и суммарной удельной активности альфа-, бета-излучающих радионуклидов в воде с применением альфа-бета радиометра и альфа-спектрометра / Шутов В.Н., Стамат И.П., Швыдко Н.С. [и др.]: Свидетельство ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» Федерального государственного агентства по техническому регулированию и метрологии № 1212/07 от 26 октября 2007 г., 42 с.

I.K. Romanovich, M.V. Kaduka, J.N. Goncharova, N.S. Shvydko, V.N. Shutov

On the substantiation of initial screening gross alpha activity concentration level for drinking water safety assessment establishment

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

Abstract. The present work gives an analysis of the data on natural radionuclides content in drinking-water of Russian Federation groundwater supplies obtained in long-term investigations. On the basis of the mentioned analysis estimation of population internal exposure doses from the drinking-water consumption is carried out and optimal value for initial screening gross alpha activity concentration level is suggested

Key words: gross alpha activity concentration, initial screening level for drinking water safety assessment, natural radionuclides, interventional levels, exposure doses from drinking-water consumption.

Поступила 18.08.2009 г.

И.К. Романович
Тел. (812) 233-53-63;
E-mail: irh@ek6663.spb.edu