

Государственный научный метрологический институт
«Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических
и радиотехнических измерений» (ФГУП "ВНИИФТРИ")

Утверждаю

Заместитель генерального
директора ФГУП «ВНИИФТРИ»
по научной работе

М.В. Балаханов

2010г.



Рекомендация

Государственная система обеспечения единства измерений

**ВОДА ПИТЬЕВАЯ
ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ РАДИОАКТИВНОСТИ
И ТРЕБОВАНИЯ К ТОЧНОСТИ АППАРАТУРНО-МЕТОДИЧЕСКОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ**

МИ 2707-2012

Москва 2012

1. РАЗРАБОТАНА

Исполнители:

Антропов С.Ю.

Ермилов А.П.

Ермилов С.А.

Комаров Н.А.

Коновалов И.С.

Крохин И.И.

Ярына В.П.

2. УТВЕРЖДЕНА

ФГУП «ВНИИФТРИ».

3. ЗАРЕГИСТРИРОВАНА

ФГУП «ВНИИМС». 07.08.2012 г.

4. ВВЕДЕНА

взамен МИ 2707-2001

Настоящая рекомендация не может быть полностью или частично воспроизведена,
тиражирована или распространена без разрешения разработчиков.

ВОДА ПИТЬЕВАЯ
ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ
РАДИОАКТИВНОСТИ И ТРЕБОВАНИЯ К ТОЧНОСТИ
АППАРАТУРНО-МЕТОДИЧЕСКОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

1. Область применения.

- 1.1. Рекомендация устанавливает правила интерпретации результатов измерений и требования к точности аппаратурно-методического обеспечения при проведении измерений радиоактивности проб питьевой воды на основе дозовых пределов, принятых в [1] для обеспечения радиационной безопасности населения России в условиях нормальной радиационной обстановки (т.е. при отсутствии радиоактивного загрязнения питьевой воды за счет злоумышления или аварии).
- 1.2. Требования к точности и порядок интерпретации результатов измерений, установленные в настоящей рекомендации, предназначены для использования при выборе и разработке средств измерений, методик приготовления счетных образцов и выполнения измерений активности при определении радиационной безопасности питьевой воды.

2. Основные положения применительно к обеспечению радиационной безопасности питьевой воды.

- 2.1. Ограничения по удельной активности радионуклидов в питьевой воде установлены в [2] по значению годовой индивидуальной эффективной дозы населения, E мЗв.

При значении $E \leq 0,1$ мЗв употребление воды источника водопользования не подлежит каким-либо ограничениям по части радиационной безопасности.

При $0,1 < E \leq 1,0$ мЗв следуют принципу оптимального вмешательства, т.е. если обстоятельства позволяют каким-либо образом уменьшить значение вклада, то надо ими воспользоваться.

При $E > 1,0$ мЗв на употребление воды данного источника водопользования для питья необходимо получить разрешение уполномоченного органа Роспотребнадзора.

2.2. Если вклад активности радионуклида в значение годовой эффективной дозы не превышает уровня 10 мкЗв, активность этого радионуклида не учитывают.

2.3. В настоящее время на всей территории России вклад в эффективную дозу населения за счет радиоактивности питьевой воды обусловлен естественными радионуклидами (ЕРН) рядов ^{238}U , ^{232}Th , ^{235}U .

Значимый вклад в дозу, т.е. превышающий уровень 10 мкЗв в год, практически может быть обусловлен альфа-излучающими ЕРН:

^{238}U , ^{234}U , ^{232}Th , ^{230}Th , ^{228}Th , ^{226}Ra , ^{224}Ra , ^{210}Po

и бета-излучающими ЕРН:

^{228}Ra , ^{210}Pb .

В воде также содержатся долгоживущие ЕРН ^{40}K , ^{87}Rb , ^{48}Ca , ^{96}Zr , космогенные ^{14}C , ^3H , ^7Be , техногенный ^{129}I и др., но их вклад в облучение населения за счет потребления с питьевой водой не превышает 10 мкЗв в год.

Учет активности ^{222}Rn в воде проводят особо. Радон – благородный газ, и его содержание в питьевой воде может быть доведено до сколь угодно малого уровня за счет простейших способов обработки воды (кипячение, выдержка и т.д.), поэтому при определении значения вклада радиоактивности питьевой воды в дозу активность ^{222}Rn в воде не учитывают.

2.4. В Приложении 2а к [1] приведены значения уровня вмешательства ^iUB для всех нормируемых радионуклидов. По определению при значении удельной активности радионуклида « i » в питьевой воде $^iQ = ^i\text{UB}$ его вклад в значение дозы составляет 0,1 мЗв в год. Таким образом, вклад радиоактивности воды в значение годовой индивидуальной эффективной дозы населения E составляет:

$$E = 0,1 \cdot \sum_i \frac{^iQ}{^i\text{UB}} \quad [\text{мЗв}] \quad (1)$$

В таблице приведены значения ^iUB для ЕРН, вклад которых в значение годовой эффективной дозы на практике может превышать уровень 10 мкЗв.

радионуклид	^{238}U	^{234}U	^{232}Th	^{230}Th	^{228}Th	^{228}Ra	^{226}Ra	^{224}Ra	^{210}Pb	^{210}Po	^{222}Rn
^iUB , Бк/кг	3,1	2,9	0,6	0,66	1,9	0,2	0,5	2,1	0,2	0,12	60

2.5. Наряду с приведенными дозовыми критериями в НРБ-99/2009 введено понятие «предварительной оценки» радиационной безопасности питьевой воды по удельной общей (суммарной) активности ${}^0Q_\alpha$ – альфа-излучающих ЕРН и ${}^0Q_\beta$ – бета-излучающих ЕРН¹.

Употребление воды данного источника водопользования не подлежит каким-либо ограничениям по части радиационной безопасности, если в питьевой воде:

$${}^0Q_\alpha \leq 0,2 \text{ Бк/кг}, \quad (2)$$

$${}^0Q_\beta \leq 1,0 \text{ Бк/кг}. \quad (3)$$

Для сопоставимости и воспроизводимости результатов определения соответствия питьевой воды этим условиям применяется единый способ концентрирования активности – выпаривание. Соответственно этому способу из значений величин ${}^0Q_\alpha$ и ${}^0Q_\beta$ в (2) и (3) должны быть исключены значения активности ${}^{220}\text{Rn}$ вместе с дочерними продуктами распада и ${}^{222}\text{Rn}$ вместе с его короткоживущими продуктами распада – ${}^{218}\text{Po}$, ${}^{214}\text{Pb}$, ${}^{214}\text{Bi}$ и ${}^{214}\text{Po}$.

2.6. Если приготовление счетного образца общей активности проводят по химической методике, в рамках которой в счетный образец не попадает ЕРН ${}^{40}\text{K}$, то вода данного источника водопользования не подлежит каким-либо ограничениям по части радиационной безопасности при выполнении условия:

$$\frac{{}^0Q_\alpha}{0,2} + \frac{{}^0q_\beta}{0,2} \leq 1, \quad (4)$$

Здесь ${}^0q_\beta$ – удельная общая бета-активность ${}^0Q_\beta$ без ${}^{40}\text{K}$, а также без ${}^{220}\text{Rn}$ и ${}^{222}\text{Rn}$ и их дочерних по п.2.5. Значение 0,2 Бк/кг при ${}^0q_\beta$ – УВ для ЕРН ${}^{228}\text{Ra}$ и ${}^{210}\text{Pb}$.

Если наряду с ${}^0Q_\alpha$ и ${}^0q_\beta$ проведено измерение удельной активности ${}^{Po-210}Q$, то вместо (6) используют:

¹ Удельной общей (суммарной) альфа-или бета-активностью, соответственно ${}^0Q_\alpha$ или ${}^0Q_\beta$, называют скорость образования альфа или бета-частиц за счет распада всех радионуклидов, содержащихся в единице массы данного вещества, т.е.:

$${}^0Q_\alpha = \sum_i {}^iQ \cdot {}^i\eta_\alpha$$

$${}^0Q_\beta = \sum_i {}^iQ \cdot {}^i\eta_\beta$$

где iQ – удельная активность р/н i в пробе, а ${}^i\eta_\alpha$ и ${}^i\eta_\beta$ – выход альфа и бета-частиц на распад радионуклида i .

$$\frac{{}^0Q_{\alpha} - {}^{Po-210}Q}{0,5} + \frac{{}^{Po-210}Q}{0,12} + \frac{{}^0q_{\beta}}{0,2} \leq 1. \quad (5)$$

Здесь $0,12 \text{ Бк/кг} = {}^{Po210}(УВ)$ и $0,5 \text{ Бк/кг} = {}^{Ra226}(УВ)$ для альфа-излучающих ЕРН, а $0,2 \text{ Бк/кг} = {}^{Ra228}(УВ) = {}^{Pb210}(УВ)$ – для бета-излучающих радионуклидов.

3. Представление результатов измерений радиационного контроля проб питьевой воды.

- 3.1. Результаты измерений радиационного контроля представляют в соответствии с общими требованиями, установленными в [4].
- 3.2. Радиационный контроль питьевой воды проводят путем измерений удельной активности указанных в таблице радионуклидов, а также общей альфа-, бета-активности в пробах воды, отбираемых в установленном порядке.
- 3.3. Результатом измерения удельной активности iQ радионуклида i являются измеренное значение ${}^iQ_{изм}$ и расширенная неопределенность iU , (с коэффициентом охвата $K=2$, $P=0,95$), соответствующая данному измерению:

$${}^iQ_{\min} < {}^iQ \leq {}^iQ_{\max} \quad (6)$$

$${}^iQ_{\min} = {}^iQ_{изм} - {}^iU_{-} \quad (7)$$

$${}^iQ_{\max} = {}^iQ_{изм} + {}^iU_{+} \quad (8)$$

$${}^iU_{-} = \sqrt{{}^iU_s^2 + \left(\frac{\delta}{1+\delta} \cdot {}^iQ_{изм} \right)^2}, \quad (9)$$

$${}^iU_{+} = \sqrt{{}^iU_s^2 + \left(\frac{\delta}{1-\delta} \cdot {}^iQ_{изм} \right)^2}, \quad (10)$$

где iU_s – абсолютная случайная составляющая неопределенности, δ – относительная доверительная погрешность применяемых средств и методики выполнения измерений.

Если при измерениях величины iQ оказалось, что ${}^iQ_{изм} > 0$, а ${}^iQ_{\min} \leq 0$, то в (11) принимают ${}^iQ_{\min} = 0$.

Если при разностных измерениях из-за статистических флуктуаций оказалось, что ${}^iQ_{изм} \leq 0$, то в (8) принимают ${}^iQ_{\min} = {}^iQ_{изм} = 0$, а ${}^iQ_{\max} = U_s$.

- 3.4. Положения п.3.3 правомочны и при представлении результатов измерений общей (суммарной) альфа и бета-активности, ${}^0Q_{\alpha}$ и ${}^0Q_{\beta}$.
- 3.5. Принимают ${}^iQ_{изм} = 0$ и ${}^iQ_{\max} = 0$, если по результатам измерений

$$({}^iQ)_{\max} \leq 0,1 \cdot YB. \quad (11)$$

4. Контроль соответствия радиоактивности проб питьевой воды нормативным уровням.

4.1. Контроль соответствия радиоактивности проб питьевой воды требованиям радиационной безопасности осуществляют с использованием показателя соответствия B (см. далее п.5). Результатом определения B является область его возможных значений, т.е.:

$$B_{\min} < B \leq B_{\max} \quad (12)$$

4.2. Радиоактивность пробы не превышает установленного норматива, если:

$$B_{\max} \leq 1 \quad (13)$$

4.3. Радиоактивность пробы превышает установленный норматив, если:

$$B_{\min} > 1 \quad (14)$$

4.4. В случае

$$B_{\min} \leq 1 < B_{\max} \quad (15)$$

радиоактивность воды признают превышающей норматив, если результаты определения B удовлетворяют условию точности

$$\frac{B_{\max} - B_{\min}}{B_{\max}} \leq 0,4 \quad (16)$$

5. Расчет показателя соответствия при радиационном контроле проб питьевой воды.

5.1. Если контроль проводят в соответствии с условиями "предварительной оценки" (по п.2.5.), то значения показателя соответствия рассчитывают для общей альфа и бета-активности отдельно:

$${}^{\alpha}B_{\min} = \frac{({}^0Q_{\alpha})_{изм.} - ({}^0U_{\alpha})_{-}}{0,2}, \quad (17)$$

$${}^{\alpha}B_{\max} = \frac{({}^0Q_{\alpha})_{изм.} + ({}^0U_{\alpha})_{+}}{0,2}, \quad (18)$$

$$\text{где } ({}^0U_{\alpha})_{-} = \sqrt{{}^0U_{\alpha}^2 + \left(\frac{\delta}{1+\delta}\right)^2} \cdot ({}^0Q_{\alpha})_{изм.}, \quad (19)$$

$$({}^0U_{\alpha})_+ = \sqrt{({}^0U_{\alpha})^2 + \left(\frac{\delta}{1-\delta}\right)^2 \cdot ({}^0Q_{\alpha})_{изм.}^2}. \quad (20)$$

Значения ${}^{\beta}B_{min}$ и ${}^{\beta}B_{max}$ рассчитывают аналогично.

5.2. При контроле непревышения по условию (4):

$$B_{min} = \frac{({}^0Q_{\alpha})_{изм.}}{0,2} + \frac{({}^0q_{\beta})_{изм.}}{0,2} - \sqrt{\left(\frac{({}^0U_{\alpha})_-}{0,2}\right)^2 + \left(\frac{({}^0U_{\beta})_-}{0,2}\right)^2}, \quad (21)$$

$$B_{max} = \frac{({}^0Q_{\alpha})_{изм.}}{0,2} + \frac{({}^0q_{\beta})_{изм.}}{0,2} + \sqrt{\left(\frac{({}^0U_{\alpha})_+}{0,2}\right)^2 + \left(\frac{({}^0U_{\beta})_+}{0,2}\right)^2}. \quad (22)$$

5.3. При контроле непревышения по условию (5):

$$B_{min} = \frac{({}^0Q_{\alpha} - {}^{Po-210}Q)_{изм.}}{0,5} + \frac{({}^0q_{\beta})_{изм.}}{0,2} + \frac{({}^{Po-210}Q)_{изм.}}{0,12} - \sqrt{\left(\frac{({}^0U_{\alpha})_-}{0,5}\right)^2 + \left(\frac{({}^{Po-210}U)_-}{0,12}\right)^2 + \left(\frac{({}^0U_{\beta})_-}{0,2}\right)^2}, \quad (23)$$

$$B_{max} = \frac{({}^0Q_{\alpha} - {}^{Po-210}Q)_{изм.}}{0,5} + \frac{({}^0q_{\beta})_{изм.}}{0,2} + \frac{({}^{Po-210}Q)_{изм.}}{0,12} + \sqrt{\left(\frac{({}^0U_{\alpha})_+}{0,5}\right)^2 + \left(\frac{({}^{Po-210}U)_+}{0,12}\right)^2 + \left(\frac{({}^0U_{\beta})_+}{0,2}\right)^2}. \quad (24)$$

5.4. Если при радиационном контроле пробы воды измерены значения iQ для всех радионуклидов из таблицы, то

$$B_{min} = \sum_i \frac{{}^iQ_{изм.}}{{}^iYB} - \sqrt{\sum_i \left(\frac{{}^iU_-}{{}^iYB}\right)^2}, \quad (25)$$

$$B_{max} = \sum_i \frac{{}^iQ_{изм.}}{{}^iYB} + \sqrt{\sum_i \left(\frac{{}^iU_+}{{}^iYB}\right)^2}. \quad (26)$$

6. Контроль соблюдения предельных дозовых ограничений.

6.1. Если в установленном порядке вводят предельное значение (*ПД*) годовой эффективной дозы для питьевой воды, то во всех соотношениях при определении показателя соответствия все значения iU_B заменяют на значения предельных уровней (iPU), соответствующих вводимому пределу дозы

$${}^iPU = \frac{ПД}{0,1} \cdot {}^iU_B. \quad (27)$$

6.2. Контроль непревышения введенного *ПД* осуществляют в соответствии с разделом 4 настоящей рекомендации.

7. Точность аппаратно-методического обеспечения радиоактивного контроля проб питьевой воды.

Для проведения в полном объеме радиационного контроля проб питьевой воды в соответствии с положениями настоящих рекомендаций достаточно, чтобы аппаратно-методическое обеспечение контроля позволяло получить по каждому из радионуклидов, указанных в таблице, значение неопределенности измерения пробы нулевой активности (нижний предел измерений), удовлетворяющее условию:

$${}^iU_0 \leq 0,05 {}^iU_B, \quad (28)$$

iU_0 определяется согласно п.3.3 как ${}^iU_+$ при измерении активности радионуклида i , проведенном в полном соответствии с принятой МВИ, путём измерения фона установки как пробы, содержащей радионуклид i .

8. Библиография

1. Нормы Радиационной Безопасности СП 2.6.1.2523-09 (НРБ-99/2009). Москва, 2009.
2. МУ 2.6.1.1981-05 Методические указания. Оптимизация защитных мероприятий источников питьевого водоснабжения с повышенным содержанием радионуклидов. Москва. 2005.
3. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. Энциклопедический справочник. 2-е издание, переработанное и дополненное. Москва. 1995.

4. МИ 2453-2000. Методики радиационного контроля. Общие требования.

Начальник НИО-4 (ЦМПИ)

ФГУП «ВНИИФТРИ»,

д.т.н., профессор

Ведущий научный сотрудник

ФГУП «ВНИИФТРИ», к.т.н.

В.П. Ярына

А.П. Ермилов