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

gost.e-ecolog.ru

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.

РЕКОМЕНДАЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

МИ 2707-2012

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, ^{3}H, ^{7}Be, 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 ^{i}YB для всех нормируемых радионуклидов. По определению при значении удельной активности радионуклида *«i»* в питьевой воде $^{i}Q=^{i}YB$ 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:

$$E = 0{,}1 \cdot \sum_{i} \frac{^{i}Q}{^{i}YB} \text{ [мЗв]} \qquad (1)$$

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

радио-нуклид	^{238}U	^{234}U	^{232}Th	^{230}Th	^{228}Th	^{228}Ra	^{226}Ra	^{224}Ra	^{210}Pb	^{210}Po	^{222}Rn
^{i}YB, 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 ${}^{0}Q_{\alpha}$ – альфа-излучающих ЕРН и ${}^{0}Q_{\beta}$ – бета-излучающих ЕРН[1].

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

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

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

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

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

$$\frac{{}^{0}Q_{\alpha}}{0.2} + \frac{{}^{0}q_{\beta}}{0.2} \le 1, \qquad (4)$$

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

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

---

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

$${}^{0}Q_{\alpha} = \sum_{i} {}^{i}Q \cdot \eta_{\alpha}$$

$${}^{0}Q_{\beta} = \sum_{i} {}^{i}Q \cdot \eta_{\beta}$$

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

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

Здесь *0,12 Бк/кг* = ^{Po210}*(УВ)* и *0,5 Бк/кг* = ^{Ra226}*(УВ)* для альфа-излучающих ЕРН, а *0,2 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 ${}^{i}Q$ радионуклида *i* являются измеренное значение ${}^{i}Q_{изм}$ и расширенная неопределенность ${}^{i}U$, (с коэффициентом охвата K=2, P=0,95), соответствующая данному измерению:

$${}^{i}Q_{\min} < {}^{i}Q \le {}^{i}Q_{\max} \qquad (6)$$

$${}^{i}Q_{\min} = {}^{i}Q_{изм} - {}^{i}U_{-} \qquad (7)$$

$${}^{i}Q_{\max} = {}^{i}Q_{изм} + {}^{i}U_{+} \qquad (8)$$

$${}^{i}U_{-} = \sqrt{{}^{i}U_{s}^{2} + \left(\frac{\delta}{1+\delta} \cdot {}^{i}Q_{изм}\right)^{2}}, \qquad (9)$$

$${}^{i}U_{+} = \sqrt{{}^{i}U_{s}^{2} + \left(\frac{\delta}{1-\delta} \cdot {}^{i}Q_{изм}\right)^{2}}, \qquad (10)$$

где ${}^{i}U_{S}$– абсолютная случайная составляющая неопределенности, δ – относительная доверительная погрешность применяемых средств и методики выполнения измерений.

Если при измерениях величины ${}^{i}Q$ оказалось, что ${}^{i}Q_{изм} > 0$, а ${}^{i}Q_{min} \le 0$, то в (11) принимают ${}^{i}Q_{min} = 0$.

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

3.4. Положения п.3.3 правомочны и при представлении результатов измерений общей (суммарной) альфа и бета-активности, ${}^{0}Q_{\alpha}$ и ${}^{0}Q_{\beta}$.

3.5. Принимают ${}^{i}Q_{изм} = 0$ и ${}^{i}Q_{max} = 0$, если по результатам измерений

$$({}^{i}Q)_{\max} \le 0{,}1 \cdot {}^{i}УВ. \qquad (11)$$

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.:

$$B_{\min} < B \le B_{\max} \qquad (12)$$

4.2. Радиоактивность пробы не превышает установленного норматива, если:

$$B_{\max} \le 1 \qquad (13)$$

4.3. Радиоактивность пробы превышает установленный норматив, если:

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

4.4. В случае

$$B_{\min} \le 1 < B_{\max} \qquad (15)$$

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

$$\frac{B_{\max} - B_{\min}}{B_{\max}} \le 0{,}4 \qquad (16)$$

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:

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

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

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

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

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

5.2. При контроле непревышения по условию (4):

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

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

5.3. При контроле непревышения по условию (5):

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

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

5.4. Если при радиационном контроле пробы воды измерены значения ${}^{i}Q$ для всех радионуклидов из таблицы, то

$$B_{\min} = \sum_{i} \frac{{}^{i}Q_{изм}}{{}^{i}УВ} - \sqrt{\sum_{i}\left(\frac{{}^{i}U_{-}}{{}^{i}УВ}\right)^{2}}\,, \qquad (25)$$

$$B_{\max} = \sum_{i} \frac{{}^{i}Q_{изм}}{{}^{i}УВ} + \sqrt{\sum_{i}\left(\frac{{}^{i}U_{+}}{{}^{i}УВ}\right)^{2}}\,. \qquad (26)$$

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 ${}^{i}УВ$ заменяют на значения предельных уровней (${}^{i}ПУ$), соответствующих вводимому пределу дозы

$$ {}^{i}ПУ = \frac{ПД}{0{,}1} \cdot {}^{i}УВ. \qquad (27) $$

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

7. Точность аппаратурно-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 аппаратурно-методическое обеспечение контроля позволяло получить по каждому из радионуклидов, указанных в таблице, значение неопределенности измерения пробы нулевой активности (нижний предел измерений), удовлетворяющее условию:

$$ {}^{i}U_0 \le 0{,}05 {}^{i}УВ, \qquad (28) $$

${}^{i}U_0$ определяется согласно п.3.3 как ${}^{i}U_+$ 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 (ЦМИИ)
ФГУП «ВНИИФТРИ»,
д.т.н., профессор В.П. Ярына

Ведущий научный сотрудник
ФГУП «ВНИИФТРИ», к.т.н. А.П. Ермилов

gost.e-ecolog.ru