

Вопросы нормирования поступления ^{238}U в поверхностные воды с учетом его радиационного и токсического действия

А.И. Крышев, Т.Г. Сазыкина, Н.Н. Павлова

Научно-производственное объединение «Тайфун» Росгидромета, Обнинск, Россия

В настоящее время сбросы ^{238}U в поверхностные воды предприятиями атомной отрасли, как правило, нормируются по радиационному фактору. Учет и контроль сбросов ^{238}U в водные объекты производится в единицах активности (Бк/год) в соответствии с действующими разрешениями на сброс радиоактивных веществ. При этом по химической токсичности уран относится к 1-му классу опасности (чрезвычайно опасные химические вещества), для него установлены гигиенические нормативы содержания в поверхностных водах. Проведено сравнение ограничения поступления ^{238}U в поверхностные воды с учетом радиационного воздействия и химической токсичности. Для этого выполнен расчет объемной активности ^{238}U в воде, при которой доза облучения критической группы населения от водопользования составит 0,1 мЗв/год (сценарий 1 – водный объект используется для питьевого водоснабжения) или 1 мЗв/год (сценарий 2 – водный объект не используется для питьевого водоснабжения). Полученные значения объемных активностей пересчитаны в концентрации и сопоставлены с величиной предельно допустимой концентрации для урана в воде – 15 мкг/л, установленной действующими нормативными документами. Показано, что соблюдение санитарных правил в области радиационной безопасности населения при нормировании сбросов ^{238}U не гарантирует автоматического соблюдения действующих гигиенических нормативов по ограничению токсического воздействия урана на человека и окружающую среду. Концентрация ^{238}U в воде, при которой достигается часть дозовой квоты 0,1 мЗв/год с учетом всех путей водопользования, превышает предельно допустимую концентрацию в 15 раз. Если водный объект не используется для питьевого водоснабжения, то предельная концентрация ^{238}U в воде, рассчитанная только из условия не превышения дозовой квоты 1 мЗв/год, будет выше предельно допустимой концентрации в 1500 раз. Учет ограничений, накладываемых действующими гигиеническими нормативами по химической токсичности урана, снижает расчетную величину допустимого сброса ^{238}U в поверхностные воды. Необходимо разработать нормативы качества окружающей среды для ^{238}U с учетом его химической токсичности и включить их в систему нормирования допустимых сбросов радиоактивных веществ.

Ключевые слова: уран, нормирование, население, водный объект, допустимый сброс, доза, химическая токсичность.

Введение

В настоящее время в России допустимые сбросы радионуклидов в водные объекты предприятиями атомной отрасли нормируются, исходя из условия соблюдения годовой дозовой квоты для критической группы населения. Данный порядок применяется в том числе для изотопа ^{238}U , который может присутствовать в сбросах предприятий по добыче урана, изготовлению ядерного топлива и др.

По причине малой удельной активности ^{238}U масса урана, представляющая значимую активность, достаточно велика. 1 мг ^{238}U имеет активность всего 12,5 Бк. Радиоактивность природного урана (вклад ^{238}U по массе более 99%) составляет 24,8 Бк/мг [1]. В соответствии с гигиеническими нормативами ГН 2.1.5.2280-07¹ уран относится к 1-му классу опасности (чрезвычайно опасные химические вещества). Растворимые соединения урана оказывают токсическое влияние на почки и клеточ-

¹ ГН 2.1.5.2280-07 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: Гигиенические нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2008. 11 с. [Maximum allowable concentrations (MACs) of chemicals in the water of water objects used for drinking and domestic recreation purposes. Moscow: Federal Center of Hygiene and Epidemiology Publ., 2008. 11 p. (In Russ.)]

Крышев Александр Иванович

Научно-производственное объединение «Тайфун» Росгидромета

Адрес для переписки: 249038, Калужская область, г. Обнинск, ул. Победы, 4; E-mail: ecomod@yandex.ru

ный метаболизм, нерастворимые соединения проявляют меньшую острую токсичность. При хронической урановой интоксикации нарушается деятельность мозга и нервной системы, отмечаются нарушения репродуктивных функций, развивается гепатонефрит [2, 3].

Обширные исследования химической токсичности урана были проведены в США в 1940-е гг., в начальный период создания урановой промышленности [4, 5]. Эти и последующие исследования показали, что уран является химически токсичным элементом с относительно небольшой и отдаленной радиологической компонентой [2–7]. В сравнительных исследованиях было отмечено, что животные даже в большей степени чувствительны к токсичности урана, чем человек [4, 8, 9]. В 1960 г. в СССР был введен норматив содержания природного урана в воде 50 мкг/л². В 1962 г. МКРЗ установило для населения величину допустимой нагрузки на критический орган (почки) 0,03 мГ. Был рассчитан допустимый предел годового поступления урана (ПГП) для населения, который составил 50 мГ/год урана или 600 Бк/год для ²³⁸U (естественное потребление природного урана человеком с водой и пищей составляет 0,001–0,002 мГ/сут). Это значение ПГП урана было включено в Нормы радиационной безопасности НРБ-76 и НРБ-96 [10].

В 1996 г. были выпущены международные «Основные нормы радиационной безопасности» (ОНБ-96) [11], в которых отсутствовало упоминание о ПГП урана для населения. Соответственно, Нормы радиационной безопасности НРБ-99³ и НРБ-99/2009⁴, базировавшиеся на положениях ОНБ-96, также утратили ограничение на ПГП урана с водой и пищей для населения по химической токсичности, приняв во внимание только радиационный фактор. Химическая токсичность урана в НРБ-99/2009⁴ учитывается только при ограничении годового поступления ингаляционным путем для персонала.

При этом в другом нормативном документе, устанавливающем предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ГН 2.1.5.2280-07¹), величина ПДК урана в воде была даже снижена и составляет в настоящее время 15 мкг/л. Отметим, что в принятом в Канаде руководстве по оценке качества пресных вод на основе анализа токсикологических тестов с водными организмами также установлен контрольный уровень в воде 15 мкг/л урана при хроническом воздействии [9]. Среднее природное содержание урана в пресных водах составляет 1 мкг/л (0,002–50 мкг/л) [12].

Цель исследования – сравнение ограничения поступления ²³⁸U в поверхностные воды с учетом только радиационного воздействия (по НРБ-99/2009⁴) и химической токсичности (по ГН 2.1.5.2280-07¹). Для этого выполнен расчет объемной активности ²³⁸U в воде, при которой доза облучения критической группы населения от водопользования составит 0,1 мЗв/год (сценарий 1 – водный объект используется для питьевого водоснабжения) или 1 мЗв/год (сценарий 2 – водный объект не используется для питьевого водоснабжения). Полученные объемные активности пересчитаны в концентрации ²³⁸U в воде, мкг/л, и сопоставлены с ПДК урана 15 мкг/л по ГН 2.1.5.2280-07¹. Для сравнения также оценена объемная активность/концентрация в воде, при которой достигается ранее действовавший предел годового поступления ²³⁸U с водой и пищей для населения 600 Бк/год.

Задачи исследования

Задачей исследования является оценка того, насколько учет ограничений, накладываемых действующими гигиеническими нормативами по химической токсичности урана, может повлиять на расчетную величину допустимого сброса ²³⁸U в поверхностные воды.

Материалы и методы

Рассмотрены два сценария облучения населения от водопользования. В рамках сценария 1 расчет годовой дозы облучения критической группы населения от водопользования проведен с учетом следующих путей: внутреннее облучение от потребления питьевой воды, рыбы, овощей (выращенных с использованием загрязненной воды для полива), молока и мяса (в предположении водопоя скота из водного объекта); внешнее облучение от купания, ловли рыбы, пребывания на заливных землях; часть дозовой квоты 0,1 мЗв/год. В рамках сценария 2 рассмотрены все те же пути водопользования, что и в сценарии 1, кроме потребления питьевой воды из водного объекта; дозовая квота 1 мЗв/год.

Доза облучения населения от потребления питьевой воды, содержащей ²³⁸U, Зв/год, рассчитана по формуле:

$$D_w = \varepsilon_{ing} \cdot V \cdot C_w, (1)$$

где $\varepsilon_{ing} = 4,5 \cdot 10^{-8}$ Зв/Бк – дозовый коэффициент при поступлении ²³⁸U в организм взрослого человека пероральным путем (НРБ-99/2009⁴); $V = 0,73$ м³/год – потребление воды взрослым человеком (НРБ-99/2009⁴); C_w – объемная активность воды в водном объекте на участке водопользования, Бк/м³.

² Санитарные правила работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений №333-60. М.: Госатомиздат, 1960. 118 с. [Sanitary rules for working with radioactive substances and sources of ionizing radiation No. 333-60. Moscow: Gosatomizdat, 1960. 118 p. (In Russ.)]

³ СП 2.6.1.758-99 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). Государственные санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. М.: Минздрав России, 1999. 115 с. [Radiation Safety Standards (NRB-99). State Sanitary-Epidemiological Rules and Norms. Moscow, Ministry of Health of Russia, 1999, 115 p. (In Russ.)]

⁴ СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): безопасности (НРБ-99/2009): Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 100 с. [Radiation Safety Standards (NRB-99/09). Sanitary-Epidemiological Rules and Norms. Moscow, Federal Center of Hygiene and Epidemiology Publ., 2009, 100 p. (In Russ.)]

Доза облучения населения от потребления рыбы, накапливающей ^{238}U , Зв/год, рассчитана по формуле:

$$D_f = \varepsilon_{ing} \cdot R_f \cdot CF_f \cdot C_w, \quad (2)$$

где $R_f = 20$ кг/год – потребление рыбы, выловленной в одном объекте; $CF_f = 9,6 \cdot 10^{-4}$ м³/кг – коэффициент накопления ^{238}U в пресноводной рыбе (РБ-126-17)⁵.

Доза облучения населения от потребления овощей, выращенных с использованием для полива воды из водного объекта, содержащего ^{238}U , Зв/год, оценена по формуле:

$$D_v = \varepsilon_{ing} \cdot R_v \cdot K_{t,v} \cdot C_w, \quad (3)$$

где $R_v = 100$ кг/год – потребление овощей; $K_{t,v} = 3,6 \cdot 10^{-4}$ м³/кг – коэффициент перехода ^{238}U из воды в овощную продукцию при поливе, рассчитанный с применением метода и численных значений параметров, указанных в РБ-126-17⁵.

Доза облучения населения от потребления молока и мяса, полученного при использовании для водопоя скота воды, содержащей ^{238}U , Зв/год, оценена по формуле:

$$D_m = \sum_{i=1}^2 \varepsilon_{ing} \cdot R_{m,i} \cdot K_{t,m,i} \cdot C_w, \quad (4)$$

где $R_{m,1} = 250$ кг/год, $R_{m,2} = 100$ кг/год – потребление молока и мяса соответственно; $K_{t,v,1} = 3,6 \cdot 10^{-5}$ м³/кг; $K_{t,v,2} = 1,2 \cdot 10^{-4}$ м³/кг – коэффициенты перехода ^{238}U из воды в молоко и мясо соответственно, при водопое скота, по РБ-126-17⁵.

Доза внешнего облучения населения от ^{238}U при водопользовании существенно ниже внутреннего. Она рассчитана по формуле:

$$D_{ext} = \sum_{j=1}^3 F_{ext,j} \cdot C_w, \quad (5)$$

где $F_{ext,1} = 2,0 \cdot 10^{-15}$; $F_{ext,2} = 4,0 \cdot 10^{-15}$; $F_{ext,3} = 4,4 \cdot 10^{-12}$ – обобщенные дозовые коэффициенты для учета внешнего облучения от купания, ловли рыбы и пребывания на заливных землях соответственно, Зв·м³/Бк·год, рассчитанные с использованием численных значений параметров, указанных в РБ-126-17⁵.

Тогда объемная активность ^{238}U в воде, Бк/м³, при которой доза облучения критической группы населения от водопользования составит 0,1 мЗв/год (сценарий 1), определяется по формуле:

$$C_w^{\max,1} = \frac{10^{-4}}{\varepsilon_{ing} \cdot (V + R_f \cdot CF_f + R_v \cdot K_{t,v} + \sum_{i=1}^2 R_{m,i} \cdot K_{t,m,i}) + \sum_{j=1}^3 F_{ext,j}}, \quad (6)$$

Аналогично для сценария 2 объемная активность ^{238}U в воде, Бк/м³, при которой доза облучения критической группы населения от водопользования составит 1 мЗв/год, рассчитывается следующим образом:

$$C_w^{\max,2} = \frac{10^{-3}}{\varepsilon_{ing} \cdot (R_f \cdot CF_f + R_v \cdot K_{t,v} + \sum_{i=1}^2 R_{m,i} \cdot K_{t,m,i}) + \sum_{j=1}^3 F_{ext,j}}, \quad (7)$$

Объемная активность ^{238}U в воде, соответствующая его концентрации на уровне ПДК 15 мкг/л, равна $C_w^{\max,2} = 187$ Бк/м³.

Объемная активность ^{238}U в воде, Бк/м³, при которой достигается ранее действовавший предел годового поступления этого радионуклида в организм человека из группы «население» (устанавливавшийся с учетом химической токсичности урана) 600 Бк/год, с учетом использования водного объекта как источника питьевого водоснабжения, вычисляется по формуле:

$$C_w^{\text{ППП}} = \frac{600}{V + R_f \cdot CF_f + R_v \cdot K_{t,v} + \sum_{i=1}^2 R_{m,i} \cdot K_{t,m,i}} \quad (8)$$

Результаты и обсуждение

В таблице представлены результаты расчетов объемных активностей ^{238}U в воде, формирующих годовую дозу облучения населения 0,1 мЗв/год (при условии использования водного объекта как источника питьевой воды, сценарий 1), 1 мЗв/год (водный объект не используется для питьевого водоснабжения, сценарий 2). Для сравнения приведены расчетные значения объемной активности ^{238}U в воде, соответствующей его концентрации на уровне ПДК 15 мкг/л, и той объемной активности ^{238}U в воде, при которой достигается ранее действовавший ППП 600 Бк/год. Для наглядности все эти значения также приведены в пересчете на мкг/л.

Из таблицы видно, что все предельные концентрации ^{238}U в воде, оцененные на основе радиационных критериев, существенно выше ПДК урана, установленного ГН 2.1.5.2280-07¹ на основе данных о его химической токсичности. Концентрация ^{238}U в воде, при которой достигается часть дозовой квоты 0,1 мЗв/год с учетом всех путей водопользования, превышает ПДК в 15 раз. Если водный объект не используется для питьевого водоснабжения, то предельная концентрация ^{238}U в воде, рассчитанная только из условия не превышения дозовой квоты 1 мЗв/год, будет выше ПДК в 1500 раз. Предельная концентрация ^{238}U в воде, полученная из условия не превышения ранее действовавшего предела годового поступления урана с водой и пищей для населения 600 Бк/год, больше ПДК в 4 раза. Это, возможно, обусловлено ужесточением величины ПДК

⁵ РБ-126-17 Руководство по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендуемые методы расчета параметров, необходимых для разработки нормативов допустимых сбросов радиоактивных веществ в водные объекты». М.: Ростехнадзор, 2017. 33 с. [GS-126-17 Safety guide for the use of nuclear energy «Recommended methods for calculating parameters necessary for the development of standards for permissible discharges of radioactive substances into water objects». Moscow: Rostekhnadzor, 2017. 33 p. (In Russ.)]

урана в гигиенических нормативах ГН 2.1.5.2280-07¹, в связи с отнесением его к 1-му классу опасности.

Таблица
Результаты расчетов объемных активностей/концентраций ²³⁸U в воде в сравнении с действующим ПДК урана для водных объектов

[Table
Results of calculations of volume activities/concentrations of ²³⁸U in water in comparison with the current MPC of uranium for water bodies]

Характеристика [Characteristics]	Значение [value]	
	Бк/м ³ [Bq/m ³]	мкг/л [mkg/l]
$C_w^{\max,1}$	2760	220
$C_w^{\max,2}$	290000	23200
$C_w^{ПП}$	743	60
$C_w^{ПДК}$	187	15

Рассмотрим, насколько учет ограничений по химической токсичности урана может повлиять на оценку допустимых сбросов ²³⁸U в водные объекты. Предположим, что предприятие осуществляет сброс ²³⁸U из организованного сбросного устройства мощностью $v_a = 0,02$ м³/с в реку с расходом воды $v_r = 0,1$ м³/с, шириной 10 м, средней глубиной 2 м. Пусть часть дозовой квоты, выделенная для нормирования воздействия сбросов предприятия, составляет 0,1 мЗв/год. Реализуются все пути водопользования, рассмотренные нами в рамках сценария 1 настоящей статьи. Используем все те же значения параметров, что и при расчетах величины $C_w^{\max,1}$. Предположим, что критический участок водопользования по всем путям находится в 5 км ниже по течению от источника сбросов. Фактор разбавления Φ для этого участка в предположении полного перемешивания рассчитывается по формуле:

$$\Phi = \frac{1}{3,15 \cdot 10^7 \cdot (v_a + v_r)}, \quad (9)$$

и равен $2,65 \cdot 10^{-7}$ год/м³.

Для данного примера допустимый сброс по радиационному фактору, Бк/год, может быть определен по формуле:

$$ДС = \frac{C_w^{\max,1}}{\Phi}, \quad (10)$$

где $C_w^{\max,1} = 2760$ Бк/м³ (см. табл.). Расчетное значение допустимого сброса ²³⁸U, при котором не будет превышена часть дозовой квоты 0,1 мЗв/год, составляет $1,04 \cdot 10^{10}$ Бк/год.

Методика ДС-2016⁶ требует учета еще трех дополнительных критериев ограничения допустимого сброса радионуклидов, но в рассматриваемом примере они не являются лимитирующими.

Если в формуле (10) вместо $C_w^{\max,1}$ использовать $C_w^{ПДК}$, соответствующую гигиеническому нормативу по химической токсичности урана, то расчетное значение допустимого сброса ²³⁸U для данного примера снизится в 15 раз и составит $7,06 \cdot 10^8$ Бк/год. Таким образом, соблюдение санитарных правил в области радиационной безопасности населения при нормировании сбросов ²³⁸U в поверхностные воды не гарантирует автоматического соблюдения гигиенических нормативов по ограничению токсического воздействия урана на человека и окружающую среду. В настоящее время сбросы ²³⁸U в поверхностные воды предприятиями атомной отрасли, как правило, нормируются по радиационному фактору. Учет и контроль сбросов ²³⁸U в водные объекты производится в единицах активности (Бк/год) в соответствии с действующими разрешениями на сброс радиоактивных веществ.

Решение данной проблемы путем установления для сбросов урана предприятиями атомной отрасли отдельных нормативов в мг/год с включением их в разрешение на сброс химических веществ, по нашему мнению, не является оптимальным, поскольку в этом случае организации придется вести двойной учет и контроль одной и той же характеристики в разных единицах измерения. Важно гармонизировать санитарные нормы и правила в области радиационной и химической безопасности в части нормирования урана.

Необходимо учесть химическую токсичность ²³⁸U при разработке новых нормативов качества окружающей среды. В соответствии с постановлением Правительства РФ № 149 от 13.02.2019 г. для радиоактивных веществ такие нормативы должны быть установлены «на уровне значений предельных концентраций радионуклидов, при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экологических систем и сохраняется биологическое разнообразие». Как уже упоминалось, действующее в России значение ПДК урана в воде 15 мкг/л в точности соответствует канадскому нормативу, установленному по ограничению вредного воздействия для водных экосистем. Показатели нормативов качества окружающей среды должны войти в систему нормирования сбросов радиоактивных веществ, учитывая в случае необходимости химическую токсичность некоторых радионуклидов для человека и природных экосистем.

Заключение

Действующие критерии нормирования поступления урана в поверхностные воды по радиационному и химическому фактору не гармонизированы друг с другом. При том, что сбросы ²³⁸U в поверхностные воды предприятиями атомной отрасли нормируются по радиационному фактору, выполнение санитарных правил в области радиационной безопасности населения не гарантирует соблюдения гигиенических нормативов по ограничению токсического воздействия урана на человека и окружающую среду. Учет ограничений, накладываемых действующими гигиеническими нормативами по химической токсичности урана,

⁶ Методика разработки нормативов допустимых сбросов радиоактивных веществ в водные объекты для водопользователей. М.: Ростехнадзор, 2016. 22 с. [Methodology for developing standards for permissible discharges of radioactive substances into water objects for water users. Moscow: Rostekhnadzor, 2016. 22 p. (In Russ.)]

значительно снижает расчетную величину допустимого сброса ^{238}U в водные объекты. Необходимо разработать нормативы качества окружающей среды для ^{238}U с учетом его химической токсичности и включить их в систему нормирования допустимых сбросов радиоактивных веществ.

Литература

1. Баженов А.В., Булдаков Л.А., Василенко И.Я. Вредные химические вещества. Радиоактивные вещества: справочник; под общ. ред. Ильина Л.А., Филова В. А. Ленинград: Химия, 1990. 463 с.
2. Новиков Ю.В. Гигиенические вопросы изучения содержания урана во внешней среде и его влияния на организм. М.: Медицина, 1974. 232 с.
3. Журавлев В.Ф. Токсикология радиоактивных веществ. М.: Энергоатомиздат, 1990. 336 с.
4. Эйзенбад М. Радиоактивность внешней среды. Пер. с англ. Алексахина Р.М. и др.; под ред. и с предисл. Лярского П.П. М.: Атомиздат, 1967. 332 с.
5. Stannard J.N. Radioactivity and Health: A History. – National Technical Information Service, Battelle Memorial Institute. Springfield, Virginia. 1988. 1963 p.
6. ATSDR 2013. Toxicological Profile for Uranium. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Atlanta, US. 2013. 526 p.
7. WHO 2001. Depleted Uranium: Sources, Exposure and Health Effects. WHO/SSDE/PHE/01.1. Geneva: WHO, 2001. 209 p.
8. Гуськова В.Н. Уран. Радиационно-гигиеническая характеристика. М.: Атомиздат, 1972. 216 с.
9. Canadian Water Quality. Guidelines for the Protection of Aquatic Life. Uranium. Canadian Council of Ministers of the Environment, 2011. 9 p.
10. Стамат И.П., Ступина В.В. О нормировании показателей радиационной безопасности минеральных природных вод // Радиационная гигиена. 2014. Т. 7, № 2. С. 30–36.
11. International basic safety standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources. Safety series No.115. Vienna: IAEA, 1996. 354 p.
12. Титаева Н.А. Ядерная геохимия. М.: Изд-во МГУ, 1992. 272 с.

Поступила: 19.03.2020 г.

Крышев Александр Иванович – доктор биологических наук, заведующий лабораторией эколого-геофизического моделирования и анализа риска Научно-производственного объединения «Тайфун» Росгидромета. **Адрес для переписки:** 249038, Калужская область, г. Обнинск, ул. Победы, 4; E-mail: ecomod@yandex.ru

Сазыкина Татьяна Григорьевна – доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник лаборатории эколого-геофизического моделирования и анализа риска Научно-производственного объединения «Тайфун» Росгидромета, Обнинск, Россия

Павлова Надежда Николаевна – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории эколого-геофизического моделирования и анализа риска Научно-производственного объединения «Тайфун» Росгидромета, Обнинск, Россия

Для цитирования: Крышев А.И., Сазыкина Т.Г., Павлова Н.Н. Вопросы нормирования поступления ^{238}U в поверхностные воды с учетом его радиационного и токсического действия // Радиационная гигиена. 2020. Т. 13, № 2. С. 41-46. DOI: 10.21514/1998-426X-2020-13-2-41-46

Issues of establishing the permissible discharge levels of ^{238}U to surface waters taking into account its radiation and toxic effects

Alexander I. Kryshev, Tatiana G. Sazykina, Nadezhda N. Pavlova

Research and Production Association «Typhoon», Roshydromet, Obninsk, Russia

At present, discharges of ^{238}U to surface waters by nuclear industry enterprises are limited by radiation factor. Registration and control of ^{238}U discharges to water bodies is performed in units of radioactivity (Bq/year) according to the current permit for the water discharge of radioactive substances. At the same time, uranium belongs to the 1st hazard class by its chemical toxicity (extremely dangerous chemicals), it has hygienic standard for content in surface waters. A comparison was made for the limitation of ^{238}U intake to surface waters, taking into account radiation exposure and chemical toxicity. Activity concentration of ^{238}U in water was

Alexander I. Kryshev

Research and Production Association «Typhoon»

Address for correspondence: Pobedy str., 4, Obninsk, Kaluga region, 249038, Russia; E-mail: ecomod@yandex.ru

calculated, at which the annual dose for a critical population group from water use would be 0,1 mSv/year (scenario 1 – the water object is used for drinking water supply) or 1 mSv/year (scenario 2 – the water object is not used for drinking water supply). The calculated activity concentrations were expressed in units of mass concentrations and compared with the maximum permissible concentration of uranium in water, established in Russia, 15 mkg/L. It is shown that compliance with the radiation safety norms does not automatically guarantee compliance with the current hygienic standards for limiting the toxic effects of uranium on population and the environment. The concentration of ^{238}U in water producing the annual dose to population 0,1 mSv taking into account all exposure pathways, exceeds the maximum permissible concentration of uranium in water by 15 times. If water body is not used for drinking water supply, the calculated concentration of ^{238}U in water producing the annual dose to population 1 mSv, is higher than the maximum permissible concentration of uranium in water by 1500 times. The restrictions imposed by the current hygienic standards for the chemical toxicity of uranium could reduce the permissible discharge levels of ^{238}U to surface waters. It is necessary to develop environmental quality standards for ^{238}U , taking into account its chemical toxicity, and include them to the system of establishment of permissible discharge limits of radioactive substances.

Key words: uranium, norms, population, water body, permissible discharge level, dose, chemical toxicity.

References

1. Bazhenov VA, Buldakov LA, Vasilenko IV. Harmful chemicals. Radioactive Substances: Handbook. Leningrad: Chemistry; 1990. 463 p. (In Russian).
2. Novikov YV. Hygienic issues of the uranium in the environment and its influence on organism. Moscow: Medicine; 1974. 232 p. (In Russian).
3. Zhuravlev VF. Toxicology of radioactive substances. Moscow: Energoatomizdat; 1990. 336 p. (In Russian).
4. Eisenbud M. Environmental radioactivity. Translation from English by Alexakhin RM, et al.; ed. by Lyarsky PP. Moscow: Atomizdat; 1967. 332 p. (In Russian).
5. Stannard JN. Radioactivity and Health: A History. National Technical Information Service, Battelle Memorial Institute. Springfield, Virginia; 1988. 1963 p.
6. ATSDR 2013. Toxicological Profile for Uranium. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Atlanta, US; 2013. 526 p.
7. WHO 2001. Depleted Uranium: Sources, Exposure and Health Effects. WHO/SSDE/PHE/01.1. Geneva: WHO; 2001. 209 p.
8. Guskova V.N. Uranium. Radiation and hygienic characteristics. Moscow: Atomizdat; 1972. 216 p. (In Russian).
9. Canadian Water Quality. Guidelines for the Protection of Aquatic Life. Uranium. Canadian Council of Ministers of the Environment; 2011. 9 p.
10. Stamat IP, Stupina VV. On standardization of radiation protection indexes of natural mineral waters. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2014;7(2): 30-36. (In Russian).
11. International basic safety standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources. Safety series No.115. Vienna: IAEA; 1996. 354 p.
12. Titaeva NA. Nuclear Geochemistry. Moscow: Moscow University Press; 1972. 272 p. (In Russian).

Received: March 19, 2020

For correspondence: Alexander I. Kryshev – Doctor of Biological Sciences, Head of the Laboratory of Ecological and Geophysical Modeling and Risk Analysis of the Research and Production Association «Typhoon», Roshydromet. (Pobedy str., 4, Obninsk, Kaluga region, 249038, Russia; E-mail: ecomod@yandex.ru)

Tatiana G. Sazykina – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Chief Researcher of the Laboratory of Ecological and Geophysical Modeling and Risk Analysis of the Research and Production Association «Typhoon», Roshydromet, Obninsk, Russia

Nadezhda N. Pavlova – Candidate of Biological Sciences, Researcher of the Laboratory of Ecological and Geophysical Modeling and Risk Analysis of the Research and Production Association «Typhoon», Roshydromet, Obninsk, Russia

For citation: Kryshev A.I., Sazykina T.G., Pavlova N.N. Issues of establishing the permissible discharge levels of ^{238}U to surface waters taking into account its radiation and toxic effects. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2020. Vol. 13, No. 2. pp. 41-46. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2020-13-2-41-46