

## **АСПЕКТЫ НОРМИРОВАНИЯ ДОПУСТИМЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ РАДИОНУКЛИДОВ В ВОДЕ ТОКСИЧНЫХ ВОДОЁМОВ**

**Кенжетаев Г.Ж., Укубаева М.Т.**

Разнообразие ситуаций, обусловленных природными факторами (гидрохимическими, гидрографическими особенностями водоёмов, в частности токсичного «прудка» хвостохранилища Кошкар-Ата), характером использования водоёмов, социально-экономическими условиями жизни критических групп населения, чрезвычайно усложняет создание унифицированных значений допустимых концентрации (ДК) радионуклидов. Однако, используя единые принципы подхода, единые критерии и методы расчета, можно подойти к такому решению данной задачи, которое при минимальных ошибках обеспечит потребности практики [1,2].

Данное нормирование основывается на регламентировании получаемых критическими тканями и органами человека поглощенных доз ионизирующего излучения. В качестве исходной величины принято значение предела годовой дозы, установленной санитарным законодательством, для отдельных групп населения [3]. В качестве критической группы населения, то есть контингентов, подвергающихся наибольшей возможности облучения, от зеркала токсичного водоёма, принимаются жители близлежащих населенных пунктов. К настоящему времени хорошо известно, что ионизирующее излучение токсичных водоёмов хвостохранилищ, может воздействовать на человека различными путями. Причем доза облучения населения при различных путях воздействия ионизирующего излучения колеблется в зависимости от конкретных условий. Величина доз облучения людей, связанных с большинством путей воздействия очень мала и не имеет практического значения. Поэтому при обосновании ДК учитывались только те пути воздействия и их совокупность, при которых дозы, получаемые человеком, могут иметь прикладное значение.

Сопоставление результатов многочисленных натуральных наблюдений и исследований, характеризующих практическую значимость этих путей позволило выделить критические пути, дающие основной вклад в дозу, получаемую человеком. К числу их следует отнести внешнее облучение от поверхности «пылящих пляжей», и от зеркала водоёма. Радионуклиды из водоёма в организм человека (например, вода-почва-растение-человек) мигрируют в значительно меньшей степени, чем облучение от водного зеркала токсичного водоёма.

Кроме внутреннего излучения за счет радионуклидов, поступающих из водоёма в организм, критическая группа населения может подвергаться воздействию внешнего облучения, обусловленного радионуклидами, находящимися в водоёме или попавшими из него на поверхность почвы. В частности, это относится к пойменной части долины, используемой для выпаса животных. Исходя из многочисленных измерений предполагалось,

что основное количество радиоактивных веществ находится в верхнем 5 - сантиметровом слое почвы. Первоначально ДК радиоактивных веществ в воде токсичного водоёма обосновывали по отдельным из перечисленных тестов, а затем с учетом воздействия всех или отдельных из числа рассмотренных факторов. Расчет ДК по тесту «молоко», исходя из употребления молока, загрязненного радионуклидом, мигрировавшим из водоёма по цепочке вода-почва-травы-молоко сделан по формуле [4]

$$q_{\text{в}} = \frac{\text{ППП}}{K_{\text{р}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot a}, \quad (1)$$

где ППП – предел годового поступления нуклида в организм человека, мкюри;  $K_{\text{р}}$  – коэффициент распределения, л/кг;  $K_1$  – коэффициент перехода нуклида из почвы в траву;  $K_2$  – коэффициент перехода нуклидов из травы в молоко;  $a$  – годовое потребление продукта, равное 180 л.

Нормирование ДК в воде токсичного водоёма по внешнему облучению складывается из двух тестов: «облучение от воды», то есть непосредственно от зеркала водоёма, береговых «пылящих пляжей» и «от почвы», связанное обычно с загрязнением радионуклидами поймы в результате паводков.

Допустимую концентрацию  $P\left(\frac{p}{ч}\right)$  в воде по излучению от зеркала воды водоёма рассчитывают по формуле полубесконечного слоя активированного поглотителя:

$$P = \frac{2\pi \cdot q \cdot K_{\gamma}}{\gamma}, \quad (2)$$

где  $\gamma$  – коэффициент поглощения;  $q$  – активность воды, (мкюри)/см<sup>3</sup>;  $K_{\gamma}$  -  $\gamma$  - постоянная нуклида, (р·см<sup>2</sup>)/(ч·мкюри).

Допустимые концентрации в воде водоёма по излучению от поверхности почвы рассчитывали исходя из предположения, что вся активность, перешедшая из воды в почву, находится в её верхнем 5-сантиметровом слое. В этом случае мощность дозы составит:

$$P = \frac{2\pi \cdot q \cdot K_{\gamma}}{\mu_{\text{в}}} [1 - E_2(\mu_{\text{с}} \cdot h)], \quad (3)$$

где  $q$  – удельная активность почвы, (мкюри)/г;  $K_{\gamma}$  -  $\gamma$  – постоянная, р·см<sup>2</sup>/ч·мкюри.  $\mu_{\text{в}}$  - коэффициент ослабления излучения в почве, см<sup>2</sup>/г;  $h$  – толщина загрязненного слоя почвы, см;  $E_2$  – функция ослабления излучения от объёмного источника.

Полученная доза от почвы, обуславливающая ДК соответствующих нуклидов в воде водоёма, относится к ситуации, когда человек подвергается воздействию излучения круглосуточно в течение года. Однако, учитывая реальную обстановку, вводятся некоторые поправки [4]:

- территория, для которой проводят расчеты, загрязняется радионуклидами в результате весеннего паводка; как правило, в пределах затопляемой территории жилые застройки и помещения отсутствуют;
- затопляемая территория используется в основном для пастбищ и пребывание людей на ней ограничено, только в весенне-осенний период не

более 12 часов в сутки; таким образом, принятые условия требуют введения коэффициента поправки равного 4.

Допустимая концентрация, рассчитанная по каждому из перечисленных тестов, обуславливает облучение человека не превышающее предела дозы. Одновременно воздействие всех или нескольких рассмотренных факторов приводит к суммированию поглощенных доз. Однако, поскольку суммарная доза не должна превышать предела дозы, необходимо соответствующим образом скорректировать ДК в воде. Коэффициент корреляции определяют с учётом следующего:

- величина предела годового поступления (ПГП) установлена исходя из облучения критического органа; если таковым является не все тело, а один из внутренних органов, то при суммировании доз внутреннего и внешнего облучения учитывают коэффициент экранирования данного органа мягкими тканями;
- суммарное значение ДК рассчитывают по формуле:

$$ДК = \frac{1}{\sum_1^n \frac{1}{ДК_{\Pi}}}, \quad (4)$$

где  $ДК_{\Pi}$  - допустимая концентрация, установленная по каждому тесту.

В случае, если критическим является один из внутренних органов то, используя приведенную формулу значения ДК, полученные по  $\gamma$  – излучению от поверхности воды или поверхности почвы, делят на коэффициент экранирования, равный 0,6 .

При подобных расчетах нельзя одновременно использовать тесты внешнего облучения от зеркала водоёма и от поверхности почвы, так как человек не может находиться в одно и тоже время в двух местах.

В зависимости от физико-химических свойств нуклидов и путей их воздействия значимость рассматриваемых тестов может быть различна, и не исключено, что при совместном воздействии один из них окажется подавляющим. В этом случае ориентируются по значениям, обусловленным данным тестом. При установлении контрольных уровней и оценке облучения людей в случае сочетания внешнего и внутреннего облучения и поступления нескольких радионуклидов в организм должно выполняться условие, чтобы сумма отношения эквивалентной дозы всех видов внешнего излучения на данный критический орган к соответствующему пределу дозы (ПД) и отношение поступления радионуклида к их ПГП не превышало единицы.

$$\sum \frac{H_i}{ПД_i} + \sum \frac{П_j}{ПГП} \leq 1, \quad (5)$$

где  $H_i$  - эквивалентная доза внешнего излучения на  $j$  – орган;  $П_j$  - поступление  $j$  – го радионуклида в организм.

Однако, при текущем контроле возможны ситуации, когда нельзя с достаточной надежностью установить пути воздействия радионуклидов, содержащихся в воде, на организм человека и категории лиц, подвергающихся этому воздействию. В подобных случаях практически

удобен контроль за допустимыми концентрациями для смеси радионуклидов в воде токсичного водоёма [5].

$$Q_{\text{смеси}} = \frac{\sum_j n_j}{\sum_j \frac{n_j}{(\text{ДК})_j}}, \quad (6)$$

где  $n_j$  и  $(\text{ДК})_j$  - процентное содержание и допустимые концентрации  $j$  – го радионуклида.

Для смеси радионуклидов с известным процентным составом численное значение ПГП рассчитывается по формуле:

$$\text{ПГП} = \frac{\sum_{j=1}^n n_j}{\sum_{j=1}^n \frac{n_j}{\text{ПГП}_j}}, \quad (7)$$

где ПГП – предел годового поступления смеси радионуклидов;  $n_j$  - процентное содержание (по активности)  $j$  – го радионуклида в смеси;  $\text{ПГП}_j$  – предел годового поступления  $j$  – го радионуклида.

Аналогично рассчитываются числовые значения ДК смеси радионуклидов. В отличие от санитарных нормативов, регламентирующих содержание в воде водоёмов токсических веществ, рекомендуемые нормативы носят универсальный характер. Их соблюдение не только может обеспечить радиационную безопасность населения, но и способствует охране внешней среды от загрязнения радиоактивными веществами, создавая безопасные условия для населения близлежащих застроек. Данные нормативы гарантируют также нормальные условия для жизнедеятельности макро и микрогидробионтов, обеспечивающих самоочищение водоёмов от органических веществ.

### Литература:

1. «Отчет о проведении постоянного государственного мониторинга за пылением радиоактивных и токсических отходов хвостохранилища Кошкар-Ата». РГП «Национальный Ядерный Центр». Алматы 2009. 82с.
2. Руководство по методам контроля за радиоактивностью окружающей среды / под ред. И.А. Соболева, Е.Н. Беляева. - М.: Медицина, 2002
3. Гоодгаль С., Горит Д. Снижение радиоактивности воды. – Гигиенические вопросы противотоксичной защиты. М.: Издательство иностранной литературы. 1989. С 66-78.
4. Санитарно-гигиенические требования обеспечения радиационной безопасности при проведении работ с источниками ионизирующего излучения СГТПОРБ-2003.
5. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99)РНД 03.1.0.3.01-96. РНД 03.3.04.01-95.